Amazon Data Services Italy Srl
Modellazione Idrogeologica dell’acquifero oggetto di emungimento

Progetto di Data Center – Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)

Maggio 2026

24725215/ **27179**

Distribuzione del documento

Preparato per

Amazon Data Services Italy S.r.l

Signed with NamirialSign

MATTEO BRUNO
25/05/2026 21:11:15 UTC+0200

Inviato a

Amazon Data Services Italy S.r.l
MASE
Città Metropolitana di Milano

Preparato da

WSP Italia S.r.l.
Via Bernina 7, Milano

Firmato digitalmente da
Alessandro Duca
CN = Duca Alessandro
O = Ordine dei Geologi della Lombardia
C = IT

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
Dr. Geologo ALESSANDRO DUCA n. 1185 AP

Controllo qualità	Nome	Data	Firma
Preparato da:	DSA		
Revisionato da:	PMA		
Geologo:	ADU	25/05/2025	

Rev	Data	Dettagli
0	2026-05-25	Prima Emissione

Indice

1. Introduzione 6

2. Ubicazione del sito 7

3. Scopo del lavoro 8

4. Assetto idrogeologico dell'area 9

4.1 Delimitazione delle aree di salvaguardia delle derivazioni asservite alla rete acquedottistica (d. Lgs. 152/2006, direttive regionali) 19

5. Definizione scenario oggetto della modellizzazione 21

5.1 Fabbisogni idrici 21
5.2 Modello del terreno, uso del suolo e climatologia 23
5.3 Test pilota di emungimento 25
5.3.1 PZ02 – prova a portata costante nella porzione superficiale dell'acquifero A (0–20 m da p.c.) 26
5.3.2 PP01 – prova a portata costante nella porzione profonda dell'acquifero A (25–48 m da p.c.) 30
5.4 Definizione delle modalità di prelievo durante l'operatività del sito ADS 34
5.5 Piezometria di riferimento per la calibrazione 35

6. Descrizione del Modello 37

6.1 Software di calcolo 37
6.2 Geometria dell'acquifero e parametrizzazione 37
6.3 Condizioni al contorno e interne 40
6.4 Ricarica 42
6.5 Calibrazione del Modello 43
6.5.1 Verifica della taratura del modello – riproduzione degli esiti del test di emungimento 47

7. Modellazione dello scenario di emungimento 49

8. Stima degli abbassamenti 51

9. Conclusioni 54

10. Disclaimer 55

TABELLE

Tabella 4-1: Dati piezometrici – 20 dic 2023 16
Tabella 5-1: Sintesi consumi mensili nell'anno più caldo (2003) 23
Tabella 5-2: Pioggia e temperatura media annuale 25
Tabella 5-3: Coordinate punti campo prova 25
Tabella 5-4: Tabella abbassamenti registrata nel corso del test su PZ02 27
Tabella 5-5: Tabella abbassamenti registrata nel corso del test su PP01 31
Tabella 5-6: Coordinate indicative dei pozzi finali a servizio del DC 35
Tabella 6-1:Tabella residui di calibrazione 45
Tabella 7-1: Tabella prelievi inserita nel modello per la stima degli abbassamenti 50

FIGURE

Figura 2-1: Ubicazione Sito 7
Figura 4-1: Stralcio della "Tavola CG3 – Sezioni idrogeologiche" della componente geologica del PGT Comunale di Rho (in rosso la proiezione dell'area di Studio da cui può dedursi la profondità interessata dall'Acquifero A pari a circa 45-50m da p.c.) 10
Figura 4-2: Stralcio della "Tavola 2bis – Carta degli elementi idrogeologici" della componente geologica del PGT Comunale di Pero (in rosso è riportata l'area di Studio) 10
Figura 4-3: Stralcio della carta Idrogeologica "Tavola 2b" del PGT Comunale di Rho 11
Figura 4-4: Superficie basale Gruppo A (m s.l.m.) 12
Figura 4-5: Indagini dirette valutate (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/) 13
Figura 4-6: Sezione idrogeologica locale 14
Figura 4-7: Piezometria acquifero superficiale maggio 2014 (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/) 15
Figura 4-8: Piezometria - 20 dicembre 2023 (Ramboll 2023) 17
Figura 4-9: Andamento stagionale piezometrico 2023-2026 nel piezometro PZ05 18
Figura 4-10: Ubicazione piezometro della rete di monitoraggio regionale PO015146NU1496 18
Figura 4-11: Storico andamento piezometrico in PO015146NU1496 (MILANO) 18
Figura 4-12: Estratto tav. 07 - Carta dei vincoli di attinenza geologica del PGT del comune di Pero. Il sito è individuato dal tratteggio rosso. 20
Figura 4-13: Estratto del PTUA 2016 di Regione Lombardia con indicazione delle aree di riserva e delle zone di ricarica della falda. Fonte: Geoportale Regione Lombardia. 20
Figura 5-1: Distribuzione mensile dei fabbisogni per il DC in termini assoluti e percentuali durante l'anno di massimo consumo 22
Figura 5-2: DTM 20 24
Figura 5-3: Layout del test pilota 26
Figura 5-4: PZ05 (Cooper & Jacob) 28
Figura 5-5: PZ05 (Theis Recovery) 29
Figura 5-6: PZ05 (Neuman) con vincolo impermeabile a ovest 30

Figura 5-7: PZ01 (Neuman and Witherspoon) 31
Figura 5-8: PZ01 (Hantush) 32
Figura 5-9: PZ01 (Cooper&Jacob) 33
Figura 5-10: PP01 (Theis recovery) 34
Figura 5-11: Ubicazione pozzi finali a servizio del DC 35
Figura 6-1: Griglia di simulazione 38
Figura 6-2: Distribuzione conducibilità idraulica 39
Figura 6-3: Area di studio e tracciato della galleria Cerchiarello Sud; le linee nere indicano le condizioni di Horizontal Flow Barrier implementate nel modello come condizione al contorno idraulica. 41
Figura 6-4: Ubicazione e caratteristiche delle condizioni al contorno imposte al dominio di calcolo 42
Figura 6-5: Aree di infiltrazione e tasso di ricarica applicato nelle simulazioni 43
Figura 6-6: Piezometria calibrata – 20 dicembre 2023 (m s.l.m.) 44
Figura 6-7: Distribuzione residui di calibrazione 45
Figura 6-8:Parametri statistici di calibrazione e linea di calibrazione 46
Figura 6-9: Bilancio di massa modello (m^3/d) 46
Figura 6-10: Simulazione test a portata costante PZ02 (16 l/s) 48
Figura 6-11: Simulazione test a portata costante PP01 (13 l/s) 48
Figura 7-1: Prelievi inseriti nel modello per la stima degli abbassamenti 50
Figura 8-1: Abbassamento massimo simulato (“metri” in giallo) della tavola d’acqua (Layer 1) al termine del periodo picco (SP n.7) 52
Figura 8-2: Abbassamento in corrispondenza del pozzo P2 intermedio (c.a. 7÷14 m dai pozzi P1 e P3 attivi) 53
Figura 8-3: Abbassamento conservativamente stimabile in corrispondenza del pozzo idropotabile più vicino 53

1. Introduzione

Il presente report è stato predisposto da WSP Italia S.r.l. (WSP) per conto di Amazon Data Services (ADS).

WSP ha ricevuto l'incarico da ADS di predisporre un modello numerico del flusso di falda oggetto di emungimento per consentire ad ADS di fornire riscontro alle richieste di chiarimento formulate dal MASE nell'ambito del procedimento ex art. 6 comma 9-bis DLgs 152/06 con particolare riferimento alla necessità di *"trasmettere una modellazione idrogeologica per verificare i relativi raggi di interferenza"*.

In relazione al procedimento richiamato, l'elaborato costituisce supporto tecnico alla valutazione degli effetti ambientali associati al prelievo di acque sotterranee, con particolare riferimento alla compatibilità dell'intervento con il regime piezometrico locale e con i recettori idrogeologici presenti nell'intorno del sito. In particolare, il report illustra l'impostazione, lo sviluppo e i risultati del modello idrogeologico numerico predisposto per la stima degli abbassamenti indotti dall'emungimento, fornendo gli elementi tecnici a supporto della conclusione di trascurabilità degli impatti sul flusso di falda, sia in relazione alla produttività dell'acquifero sia rispetto alle ordinarie oscillazioni piezometriche stagionali.

Si ricorda che in data 24.02.26 ADS ha intrapreso il procedimento di Concessione di Piccola Derivazione d'Acqua Pubblica Sotterranea da 4 pozzi per una portata massima di 21.5 l/s, trasmettendone domanda alla Città Metropolitana di Milano (UI_26_00000138257 del 24/02/26). Parallelamente ADS si è attivata per allineare il procedimento di VIA in corso tramite la predisposizione di una lista di controllo ex art.6 comma 9-bis, sottoposta agli EE.PP. competenti (istanza acquisita al prot. MASE/64188 del 23/03/2026).

2. Ubicazione del sito

Il Data Center (DC) oggetto di valutazione, denominato “Progetto di Data Center – Edificio A e Edificio B (Rho/Pero)”, in seguito “Data Center” , è situato in Lombardia a circa 10 km a ovest di Milano, tra il Comune di Rho e il Comune di Pero (Figura 2-1), a circa 500 m a nord di Cerchiate.

Figura 2-1: Ubicazione Sito

3. Scopo del lavoro

Scopo del lavoro è valutare, mediante modellazione numerica del flusso di falda, gli effetti del prelievo di acque sotterranee ad uso industriale, previsto a servizio del Data Center, da attuarsi mediante n. 4 pozzi di progetto in funzionamento alternato a coppie (2 attivi, 1 di back-up e 1 in manutenzione). L'analisi è finalizzata a stimare gli abbassamenti piezometrici indotti nel cosiddetto "acquifero A (profondità < 50m da p.c., cfr. Capitolo 4)", per effetto dell'emungimento previsto nei pozzi di progetto.

4. Assetto idrogeologico dell’area

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie di pozzi significativi (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/), si riconoscono nel sottosuolo dell’area di studio quattro Complessi Acquiferi, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e continuità orizzontale e verticale. La distribuzione dei complessi idrogeologici di sottosuolo è sintetizzata nelle sezioni idrogeologiche allegate alla Componente Geologica del PGT del Comune di Rho (Tavola “CG.03”, Sezioni idrogeologiche) e viene di seguito descritta, a partire dall’unità più superficiale (Figura 4-1).

Gruppo acquifero A

Presente con continuità con uno spessore medio di 50 m, corrisponde alla parte più superficiale del cd. “*acquifero tradizionale”* (acquifero I), caratterizzato da soggiacenze variabili da >10 m a <2,5 m dal piano campagna (“p.c.”). È costituito prevalentemente da litologie grossolane ad elevata permeabilità (ghiaie, sabbie e ciottoli), a cui si intercalano localmente livelli argilloso - limosi di limitato spessore e continuità areale.

Gruppo acquifero B

Presente con continuità con uno spessore di 20 - 40 m, corrisponde alla parte più profonda dell'*acquifero tradizionale* (acquifero II), generalmente confinato o semi confinato, captato a fini idropotabili. È costituito da alternanze tra sabbie medio - grossolane e ghiaie in matrice sabbiosa e subordinatamente argille limose e limi caratterizzati da una discreta continuità areale. Alla base sono localmente presenti livelli cementati (conglomerati e arenarie, riferibili al "Ceppo" auct.).

Gruppo acquifero C-D

Presente con continuità con uno spessore di 60 - 100 m, corrisponde agli acquiferi profondi (acquifero III), confinati, captati a fini idropotabili. È costituito da orizzonti sabbiosi o sabbioso - argillosi, intercalati a livelli metrici di argille.

Unità argillosa

Raggiunta solo dai pozzi più profondi, rappresenta la parte basale in facies marina dell'acquifero III. È costituita da potenti orizzonti argillosi con intercalati rari orizzonti sabbiosi o sabbioso - argillosi acquiferi.

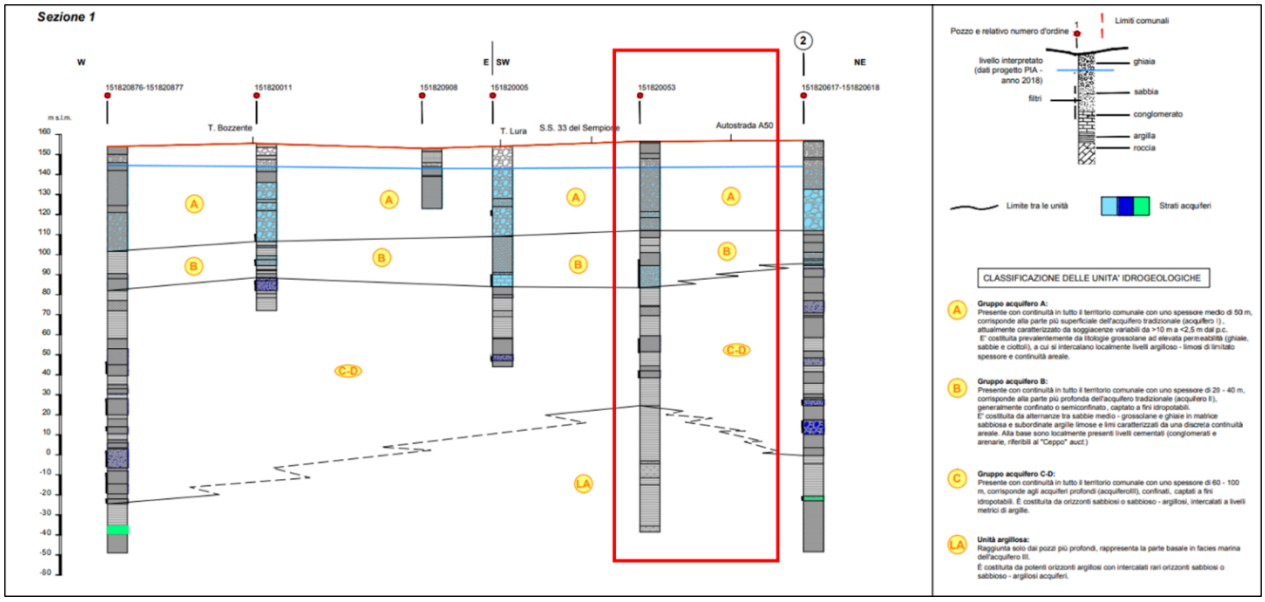


Figura 4-1: Stralcio della "Tavola CG3 – Sezioni idrogeologiche" della componente geologica del PGT Comunale di Rho (in rosso la proiezione dell'area di Studio da cui può dedursi la profondità interessata dall'Acquifero A pari a circa 45-50m da p.c.)

La ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica della falda superiore è visibile nella "Tavola 2bis – Carta degli elementi idrogeologici" del PGT Comunale di Pero (Figura 4-2). La carta evidenzia una direzione del flusso idrico sotterraneo generalmente orientata da NW a SE. Il gradiente idraulico è piuttosto omogeneo ed è pari mediamente al 3,0 ‰.

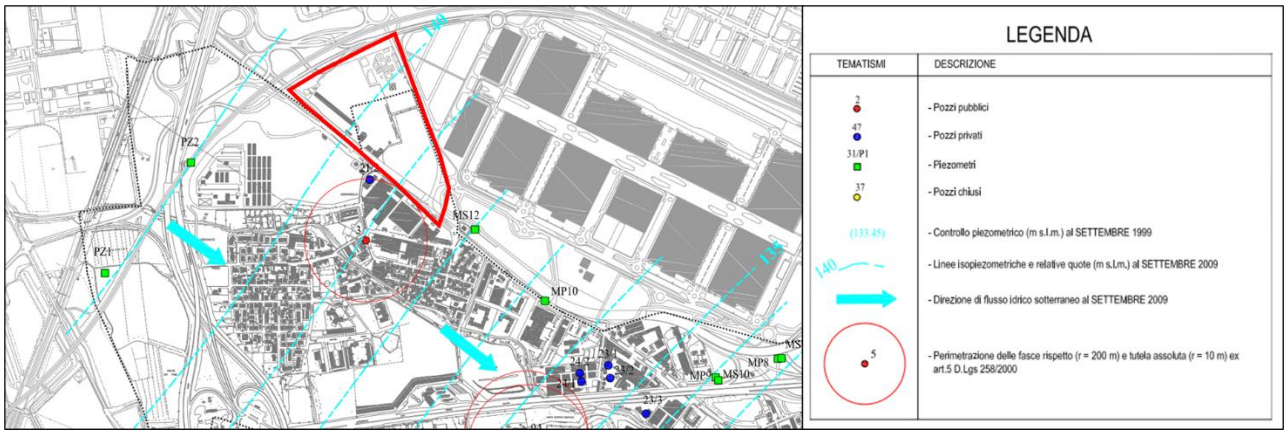


Figura 4-2: Stralcio della "Tavola 2bis – Carta degli elementi idrogeologici" della componente geologica del PGT Comunale di Pero (in rosso è riportata l'area di Studio)

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta idrogeologica (Tavola 2b) del PGT del comune di Rho dalla quale si evince che il Sito ricade in un'area caratterizzata da una permeabilità variabile da alta a medio-alta (Figura 4-3).

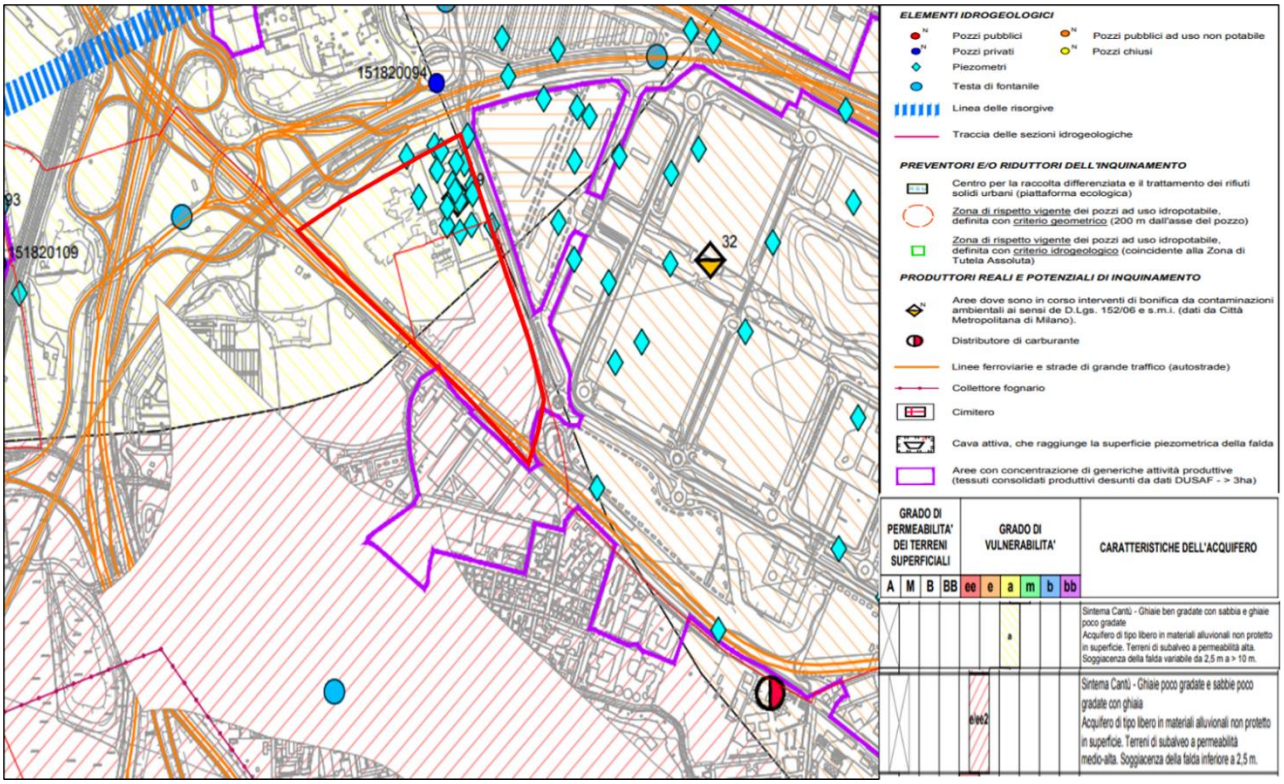


Figura 4-3: Stralcio della carta Idrogeologica "Tavola 2b" del PGT Comunale di Rho

La superficie basale del Gruppo Acquifero A (www.geoportale.regione.lombardia.it), acquifero oggetto del prelievo, si colloca nell'area in esame a circa 100 m sul livello medio del mare (Figura 4-4).

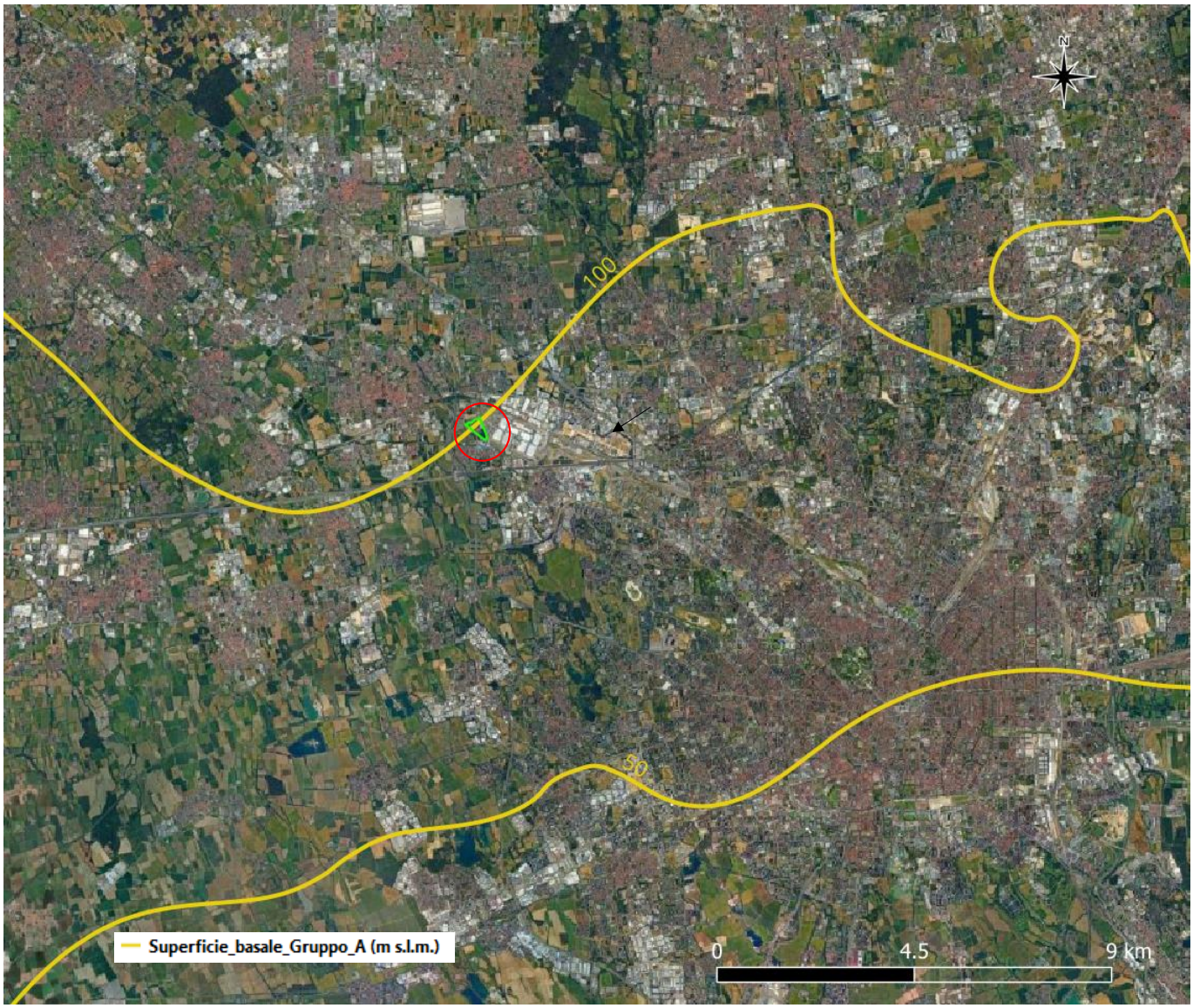


Figura 4-4: Superficie basale Gruppo A (m s.l.m.)

Le indagini geognostiche condotte nei pressi del sito (Figura 4-5) indicano inoltre la presenza di intercalazioni di limi argillosi e sabbie limose che possono essere identificate nell'area del sito alla profondità di circa 20 m dal p.c. Tali intercalazioni sono rappresentate nella sezione idrogeologica locale riportata in Figura 4-6.

Figura 4-5: Indagini dirette valutate (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/)

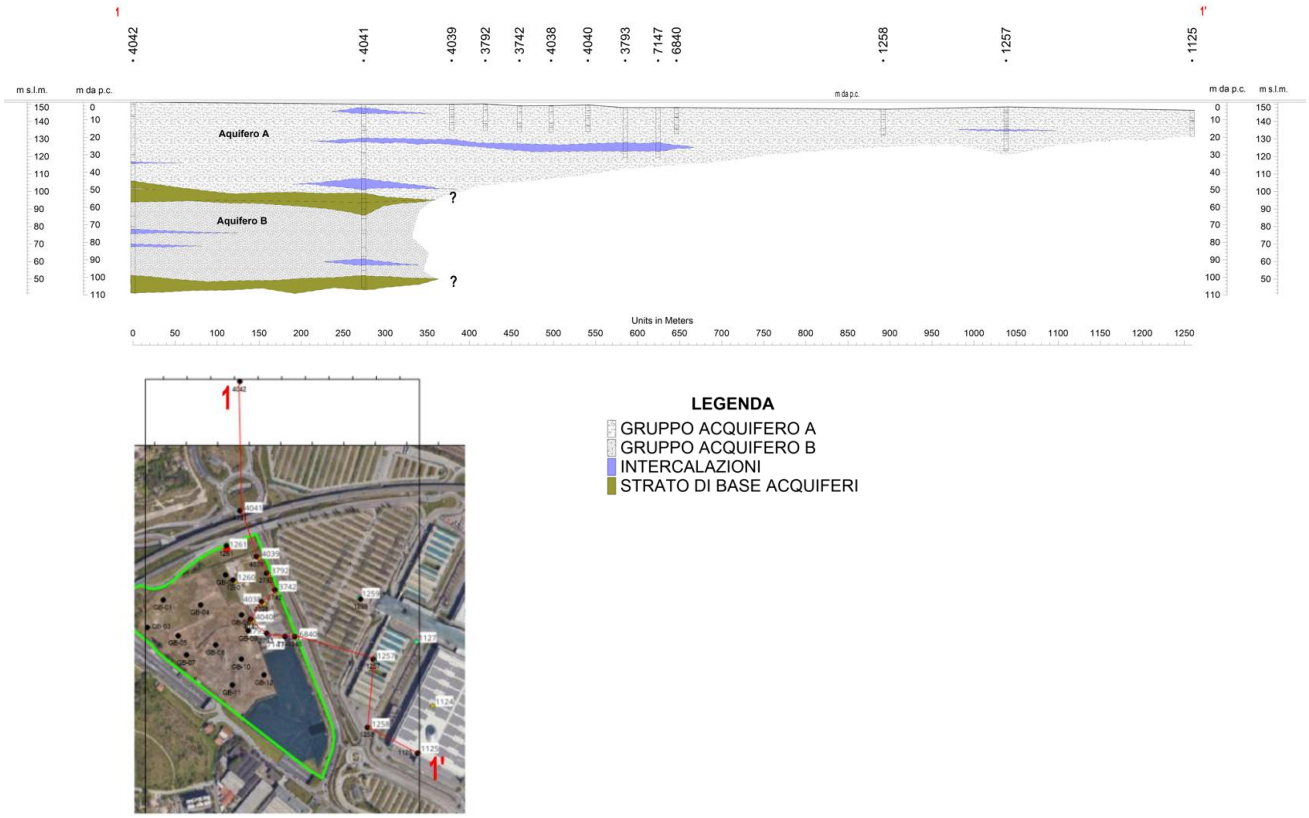


Figura 4-6: Sezione idrogeologica locale

La ricostruzione della tavola d'acqua dell'Acquifero A su scala regionale (Figura 4-7), come riportata dal geoportale della Regione Lombardia[1] (dati maggio 2014), conferma quanto a quote, direzione e gradiente i risultati dell'interpolazione delle misure effettuate da ADS nei piezometri interni al sito (dati dicembre 2023, cfr. Tabella 4-1e Figura 4-8).

In particolare, si osserva che la ricostruzione piezometrica basata sui piezometri di sito, indica una direzione di flusso delle acque sotterranee da "Nord-Nord-Ovest" a "Sud-Sud-Est", concorde quindi con la piezometria su scala regionale del geoportale, ed un gradiente piezometrico locale di circa 0,0039 m/m, confrontabile col gradiente desunto dalla piezometria su scala regionale (0,0035 m/m).

L'entità degli scostamenti piezometrici osservabili tra i dati del maggio 2014 e del dicembre 2023 è, invece, pienamente compatibile con l'oscillazione stagionale della falda osservata a livello sia locale che a maggior scala (pari a circa 4-5m, cfr. Figura 4-9 nel seguito).

[1] https://www.geoportale.regione.lombardia.it/

Figura 4-7: Piezometria acquifero superficiale maggio 2014 (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/)

ID	Quota b.p.[2] (m s.l.m.)	Soggiacenza (m da b.p.)	Livello (m s.l.m.)
MW01	148.75	7.91	140.84
MW02	148.33	8.06	140.27
MW03	148.16	8.14	140.02
MW04	148.02	8.03	140.00
PZ02_VIV	147.47	8.55	138.92
PZ05	147.71	7.99	139.72
PZ06	148.13	8.05	140.08
PZ07	148.09	7.80	140.30
PZ08	147.49	7.55	139.94
PZA	148.34	7.73	140.61
PZE	147.59	8.05	139.54
PZF	147.04	7.67	139.37
PZG	148.60	6.88	141.72
POC	147.12	8.12	139.00

Tabella 4-1: Dati piezometrici – 20 dic 2023

[2] B.p.: bocca pozzo

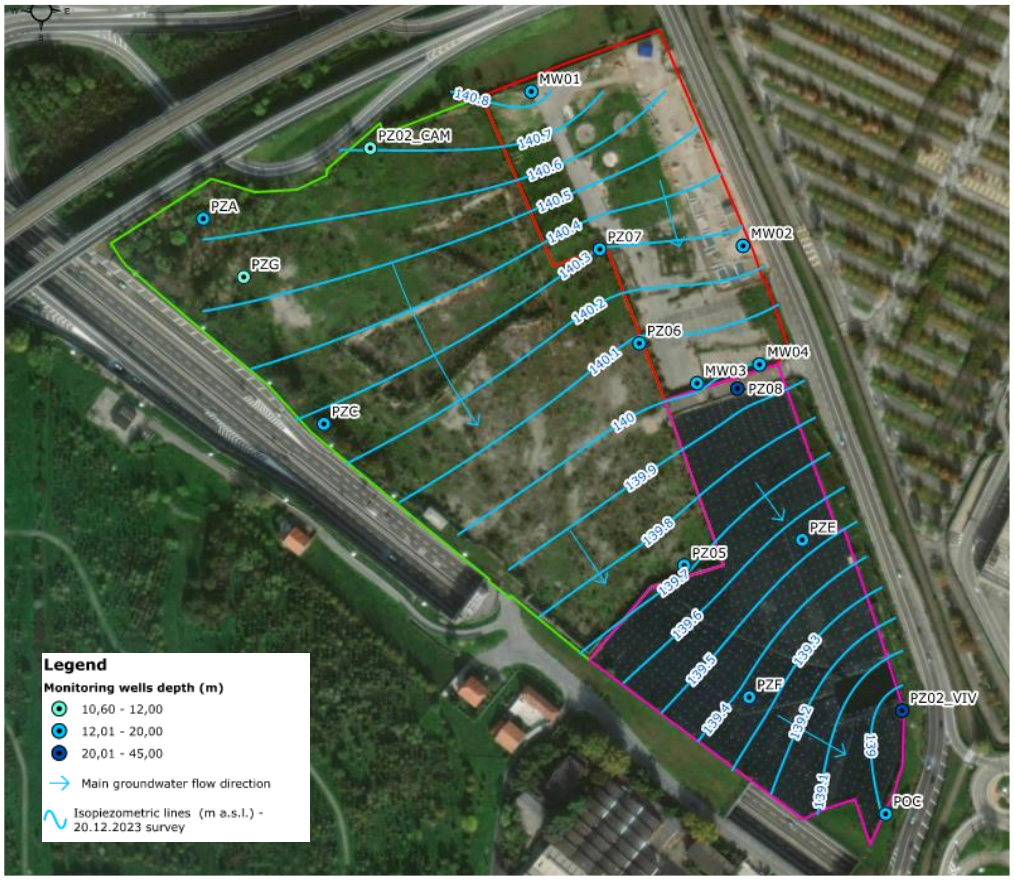


Figura 4-8: Piezometria - 20 dicembre 2023 (Ramboll 2023)

La Figura 4-9 riporta i valori della quota piezometrica osservata nei piezometri del sito, ed in particolare nel PZ05 (cfr. anche Figura 4-8) ubicato nei pressi dell'area di prevista realizzazione dei pozzi di emungimento. Dalla succitata figura è possibile desumere che l'escursione piezometrica stagionale a scala di sito è dell'ordine dei 4-5 m (indicativamente tra 139 m s.l.m. e 144 m s.l.m.).

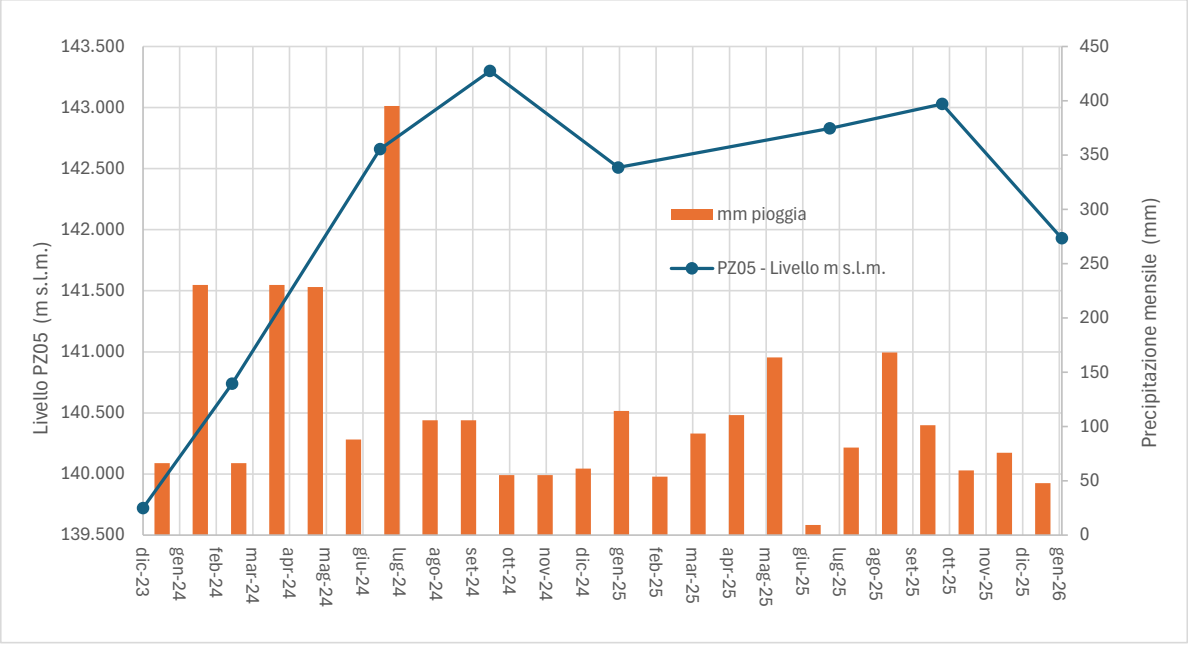


Figura 4-9: Andamento stagionale piezometrico 2023-2026 nel piezometro PZ05

L'entità dell'escursione piezometrica osservata a scala di sito, inoltre, trova conferma nei dati raccolti da ARPA sulla rete piezometrica regionale. In particolare, il punto denominato PO015146NU1496 (MILANO), che costituisce, tra i punti di osservazione prossimi al sito, quello dotato della serie storica dei rilievi piezometrici più lunga (Figura 4-11), evidenzia oscillazioni stagionali comprese tra valori minimi prossimi a 128 m slm e valori massimi prossimi a circa 132 m slm, per una escursione complessiva di circa 4 m confrontabile con quanto rilevato sul sito.

Figura 4-10: Ubicazione piezometro della rete di monitoraggio regionale PO015146NU1496

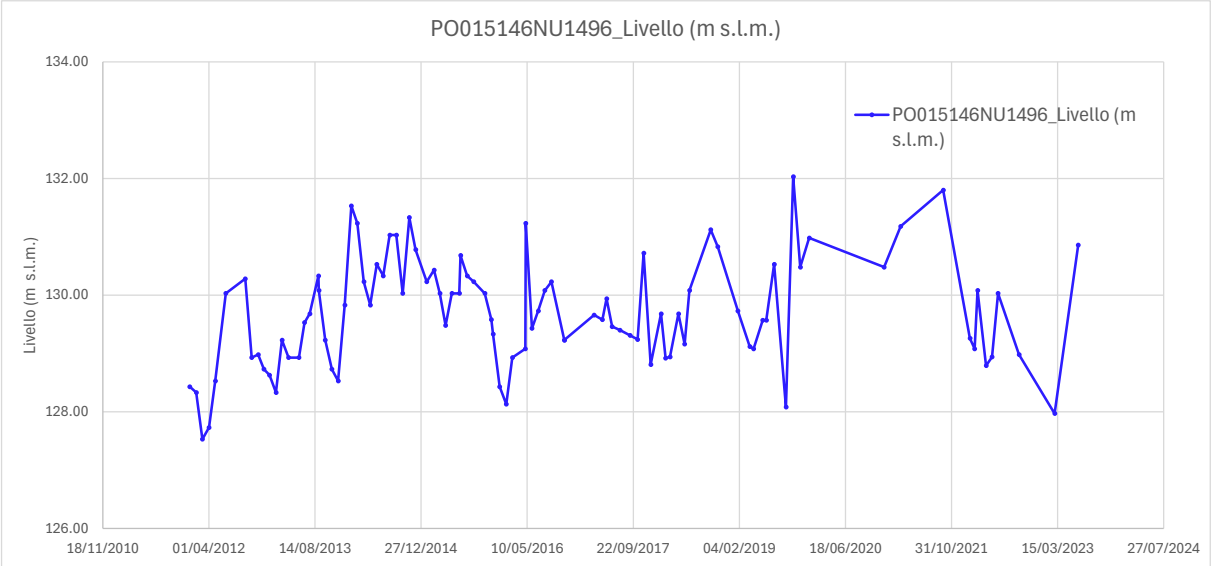


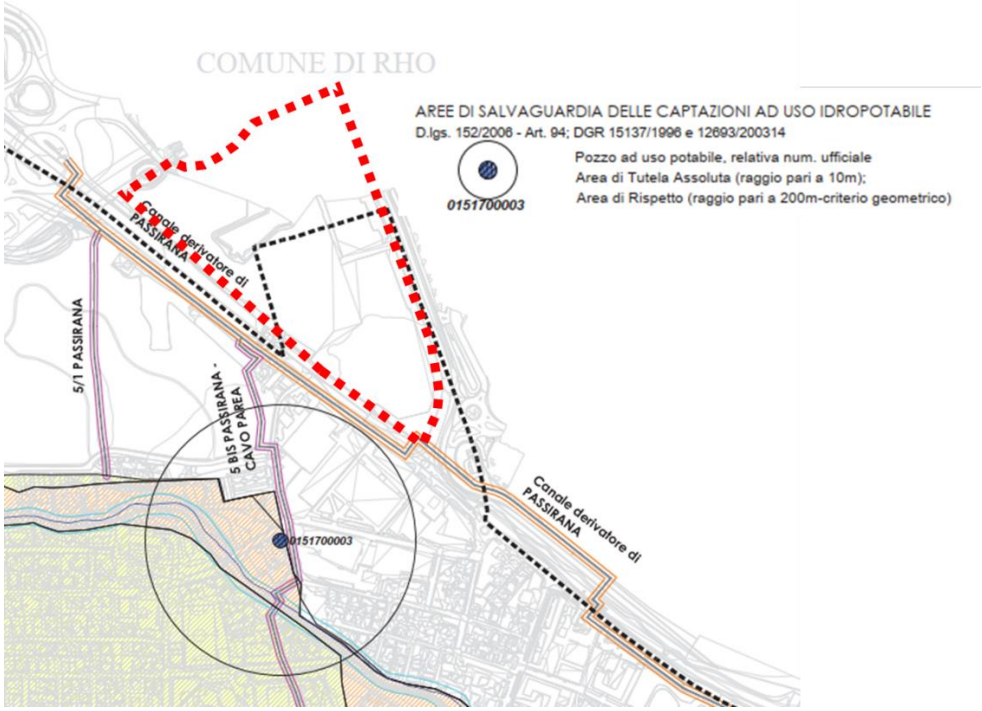
Figura 4-11: Storico andamento piezometrico in PO015146NU1496 (MILANO)

4.1 Delimitazione delle aree di salvaguardia delle derivazioni asservite alla rete acquedottistica (d. Lgs. 152/2006, direttive regionali)

L'analisi della cartografia dei PGT dei comuni di Rho e Pero evidenzia l'assenza di qualsiasi interferenza con eventuali fasce di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile nell'area del sito in esame.

Il pozzo più prossimo, censito da Città Metropolitana di Milano[3] è infatti ubicato nel territorio comunale di Pero, a circa 300 m a sud dei pozzi previsti a servizio del sito ADS (Figura 4-12), con la relativa fascia di rispetto ampiamente al di fuori del confine del sito ADS stesso. La profondità di tale pozzo, pari a 82 m da p.c. con tratte filtranti ubicate fra 35 m da p.c. e 78 m da p.c., inoltre, consente di concludere che attinga prevalentemente dall'Acquifero B, sottostante e separato dall'acquifero A nel quale ADS propone di realizzare i propri pozzi di emungimento.

In base alla cartografia disponibile sul Geoportale di Regione Lombardia relativamente alle zone di protezione delle acque sotterranee (Figura 4-13), il sito in esame ricade infine in "Aree di ricarica" della falda che fungono da ulteriore supporto ai fabbisogni idrici.



[3] https://www.dati.lombardia.it/Ambiente/CITTA-METROPOLITANA-MILANO-Mappa-Dati-Pozzi-Piezom

Figura 4-12: Estratto tav. 07 - Carta dei vincoli di attinenza geologica del PGT del comune di Pero. Il sito è individuato dal tratteggio rosso.

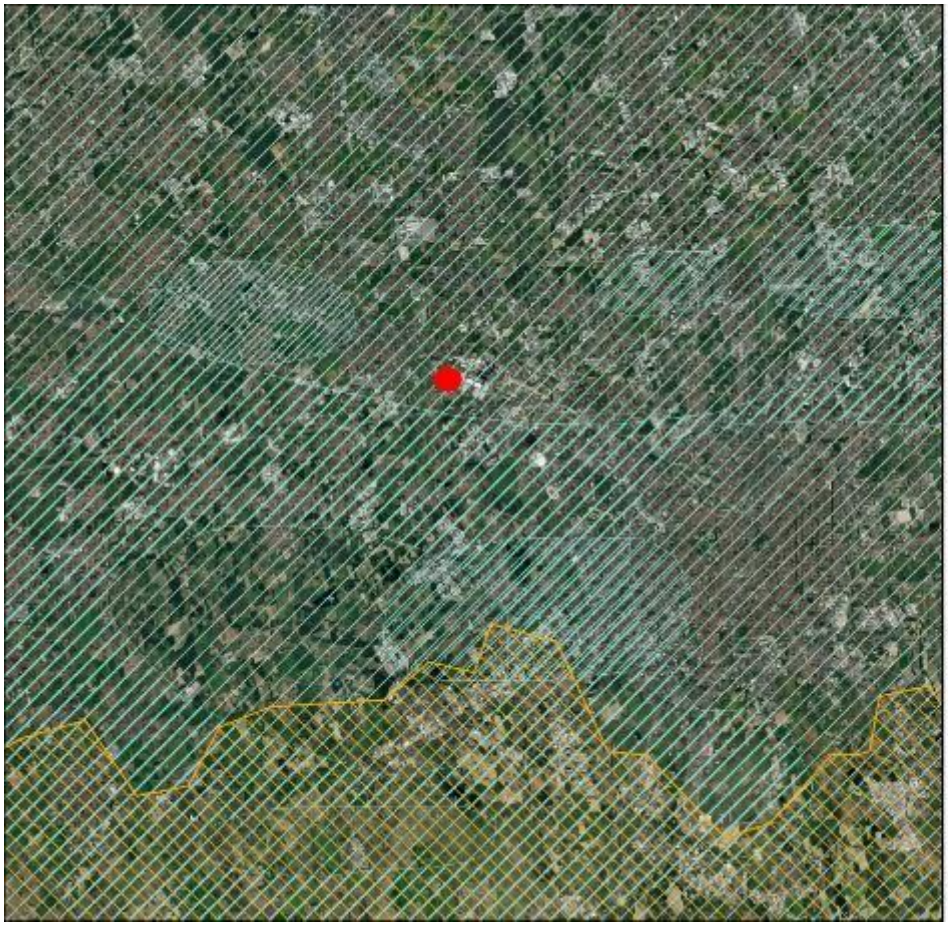


Figura 4-13: Estratto del PTUA 2016 di Regione Lombardia con indicazione delle aree di riserva e delle zone di ricarica della falda. Fonte: Geoportale Regione Lombardia.

5. Definizione scenario oggetto della modellizzazione

5.1 Fabbisogni idrici

Il fabbisogno di acqua di prima falda necessario alle esigenze di raffreddamento del Data Center sarà soddisfatto mediante n. 4 pozzi di progetto, profondi 50 m e fenestrati tra 8 e 20 m da p.c. e tra 35 e 48 m da p.c., ovvero all'interno del solo Acquifero A. Stante la necessità di garantire la continuità di funzionamento del DC anche in condizioni di criticità o malfunzionamento accidentale, i pozzi opereranno alternativamente secondo uno schema che prevede ciclicamente 2 pozzi in esercizio, 1 pozzo di backup/sostituzione pronto all'occorrenza e 1 pozzo a rotazione in manutenzione programmata. La portata massima di picco complessivamente estratta dai pozzi in funzione sarà pari a 21.5 l/s e verrà ripartita sui 2 pozzi attivi, con una portata di circa 10.75 l/s per pozzo, anche al fine di limitare potenziali fenomeni di turbolenza con conseguente precipitazione del ferro e la possibile formazione di biofilm da ferrobatteri. I complessi meccanismi alla base di tale configurazione progettuale sono stati dettagliati nella documentazione tecnica allegata alla domanda di Concessione sottoposta a Città Metropolitana di Milano.

Il volume annuale massimo richiesto per gli usi industriali del Data Center (raffreddamento) è stato definito da ADS pari a circa **18,961.4** m³/anno nello scenario di progetto conservativo assunto ai fini delle valutazioni. In tale scenario l'emungimento risulta concentrato tra maggio e settembre, mentre la portata massima di prelievo è pari a **21.5** l/s per una durata continuativa non superiore a 11 ore.

La stima dei fabbisogni idrici è stata sviluppata da ADS assumendo come scenario di progetto l'anno climaticamente più gravoso tra quelli analizzati, individuato nel 2003, risultato il peggiore nell'elaborazione di 31 anni di dati meteorologici orari (1994–2024) riferiti al sito di Milano Malpensa. In tale anno il fabbisogno di acqua industriale di make-up è risultato come detto pari a 18,961.4 m³, cioè circa tre volte la media del periodo pluriennale (6,294 m³/anno) e circa il 33% superiore al secondo anno più gravoso (2022, pari a 14,298 m³/anno), confermando il carattere eccezionale della stagione estiva 2003.

La distribuzione mensile del fabbisogno, riportata in Figura 5-1 e sintetizzata in Tabella 5-1, conferma che il consumo è fortemente concentrato nei mesi estivi, con un contributo dominante del mese di agosto, pari a 10,178.1 m³, corrispondente a circa il 53.7% del totale annuo a conferma della forte stagionalità del fabbisogno.

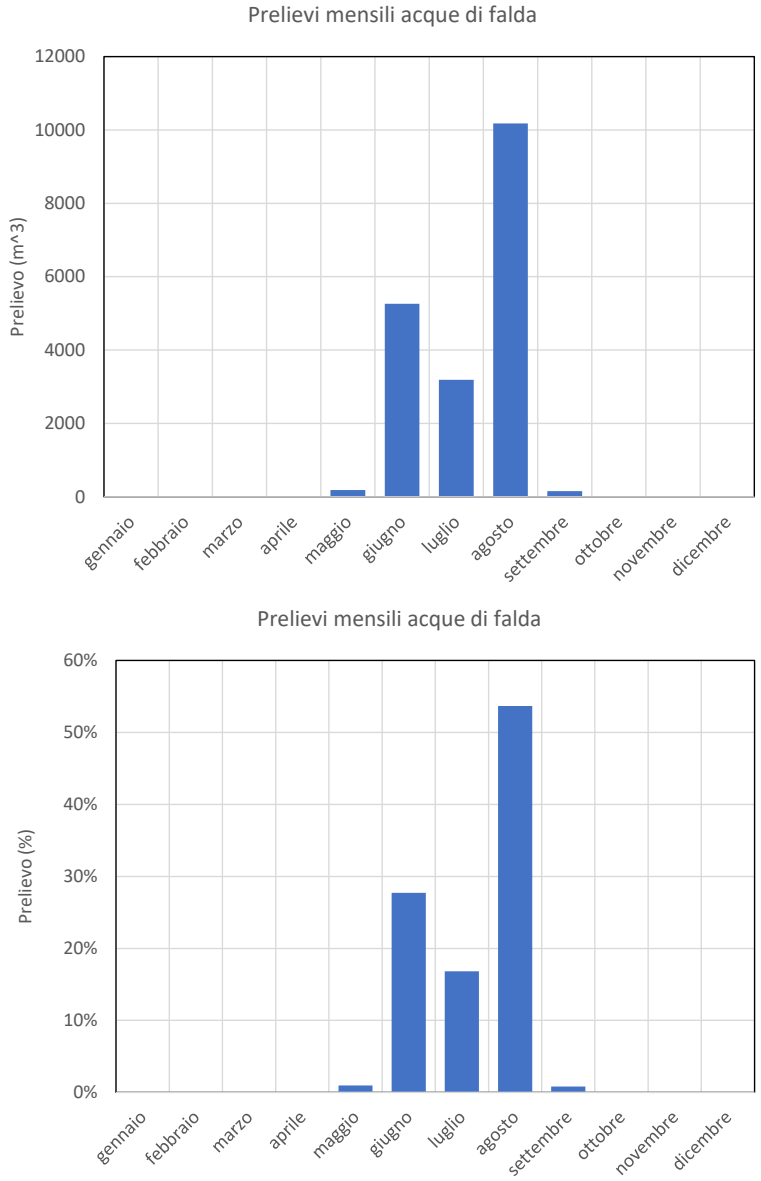


Figura 5-1: Distribuzione mensile dei fabbisogni per il DC in termini assoluti e percentuali durante l'anno di massimo consumo

La Tabella 5-1 sintetizza quindi i fabbisogni in termini di volume mensile massimo emunto in m^3, portata media e portata di picco espresse in m^3/h e l/s.

Mese	Periodo (d)	Consumo acque mensile (IW) (m^3)	Portata media mensile (m^3/h)	Portata media mensile (l/s)	Consumo acque (IW) Volume %
gennaio	31	0	0	0	0%
febbraio	28	0	0	0	0%
marzo	31	0	0	0	0%
aprile	30	0	0	0	0%
maggio	31	181	0.2	0.1	1.0%
giugno	30	5258.6	7.3	2.0	27.7%
luglio	31	3191	4.3	1.2	16.8%
agosto	31	10178	13.7	3.8	53.7%
settembre	30	153	0.2	0.1	0.8%
ottobre	31	0	0	0	0%
novembre	30	0	0	0	0%
dicembre	31	0	0	0	0%
Volume annuale totale		18961.38			100.000%
Portata media su 5 mesi di operatività			5.1	1.4	
Portata media annuale			2.1	0.6	

Tabella 5-1: Sintesi consumi mensili nell'anno più caldo (2003)

Dalla succitata tabella si deduce pertanto che il prelievo in progetto **è estremamente contenuto** se rapportato all'elevata produttività dell'Acquifero A (cfr. Capitolo 4 e Paragrafo 5.2). Il volume annuo richiesto di 18,961,4 m³ corrisponde infatti ad una portata media annua di soli **0.6** l/s e, se rapportato invece ai 153 giorni di esercizio, a circa **1.4** l/s. Anche nei mesi di massimo utilizzo, giugno e agosto, le portate medie risultano pari rispettivamente a circa **2.0** l/s e **3.8** l/s. Il picco di esercizio di 21.5 l/s è inoltre limitato a una finestra temporale ridotta, indicata da ADS pari ad un massimo di 11 ore consecutive.

5.2 Modello del terreno, uso del suolo e climatologia

Per il modello del terreno, uso del suolo e climatologia sono stati considerati i seguenti dati:

- Mappa di "Uso e Copertura del Suolo 2021", per l'identificazione delle aree non pavimentate (www.geoportale.regione.lombardia.it);
- Modello Digitale del Terreno ("DTM20 m", Figura 5-2) con risoluzione 20x20 m (www.geoportale.regione.lombardia.it).

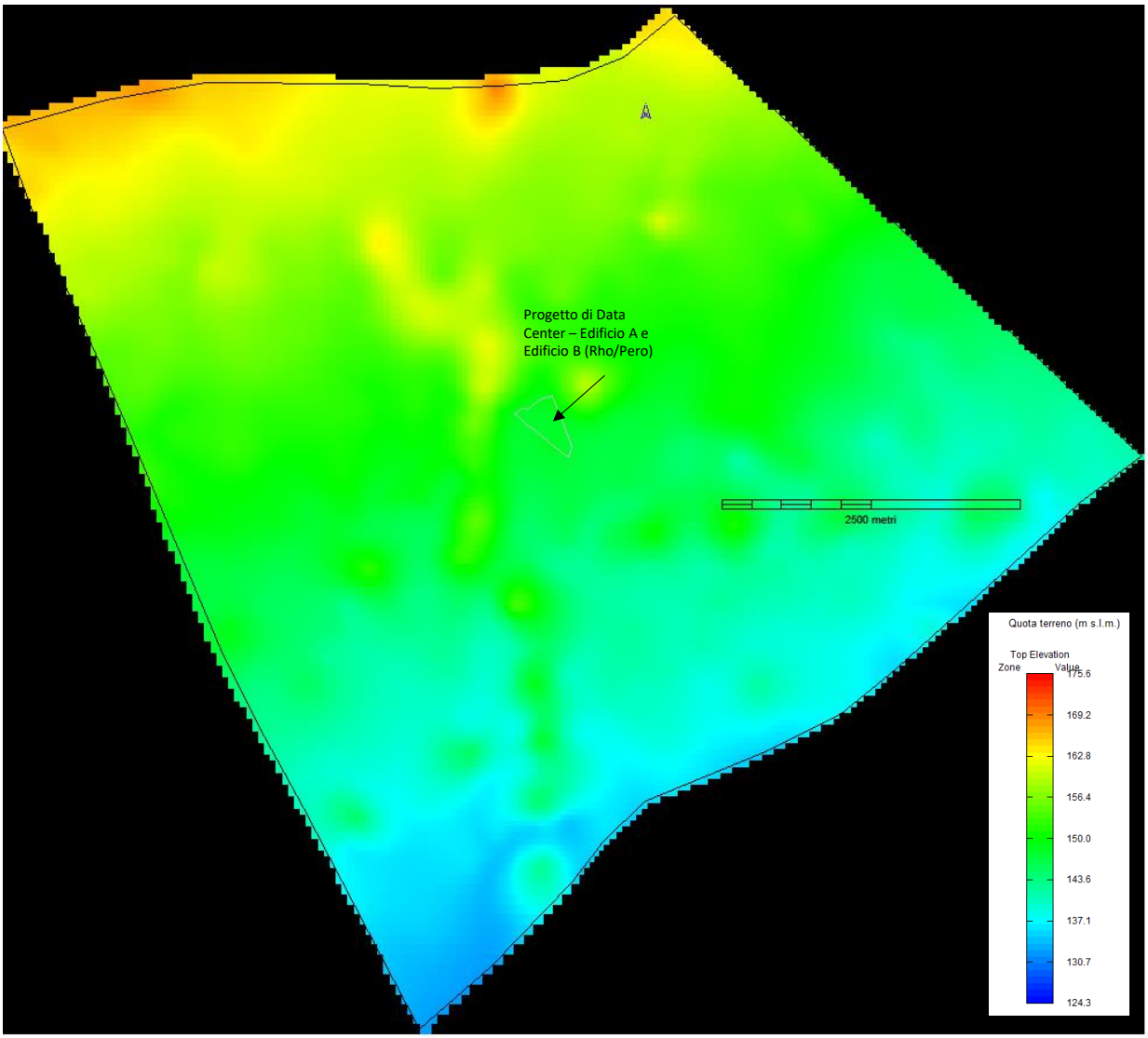


Figura 5-2: DTM 20

La ricarica è stata modellata facendo riferimento ai dati giornalieri di precipitazione e temperatura provenienti dalla stazione di registrazione ARPA "Rho Scalo Fiorenza – Prato" (www.arpalombardia.it) situata a circa 1.500 m a sud-est del sito.

I dati completi disponibili per gli ultimi 9 anni (Tabella 5-2) indicano una precipitazione cumulata media annua di ~ 1000 mm/anno (dato influenzato dalle precipitazioni particolarmente anomale e abbondanti del 2024), e una temperatura media annua di circa 15 °C.

Anno	Precipitazione cumulata annua (mm)	Temperatura media annua (°C)
2017	584	15.1
2018	937	15.4
2019	1165	15.2
2020	1107	14.9

Anno	Precipitazione cumulata annua (mm)	Temperatura media annua (°C)
2021	903	14.5
2022	493	16.1
2023	986	15.8
2024	1779	15.1
2025	1078	15.3
Media	1004	15.3

Tabella 5-2: Pioggia e temperatura media annuale

Sono inoltre state inserite nel modello le sezioni del fiume Olona come desumibili dal geoportale della Regione Lombardia[4].

5.3 Test pilota di emungimento

Ai fini della caratterizzazione dell'acquifero A è stato predisposto un campo prova che comprende la realizzazione dei seguenti piezometri denominati:

- PP01, con diametro 8'' e tratta filtrata tra 27 m da p.c. e 48 m da p.c.;
- PZ01, con diametro 4'' e tratta filtrata tra 25 m da p.c. e 48 m da p.c.;
- PZ02, con diametro 8'' e tratta filtrata tra 3 m da p.c. e 20 m da p.c..

Tutti i piezometri sono stati pertanto fenestrati nell'Acquifero A così come i pozzi di prevista realizzazione per il funzionamento del Data Center. Le coordinate plano altimetriche dei pozzi sono riportate nella seguente tabella.

ID	X	Y	Quota (m s.l.m.)
Pz01_b.p.	505296.99	5040847.2	147.612
PP01_b.p.	505297.46	5040839.2	148.218
Pz02_b.p.	505303.57	5040838.2	147.888
PZ05_b.p.	505335.84	5040849.5	147.71
EPSG:32632 - WGS 84 / UTM zone 32N			

Tabella 5-3: Coordinate punti campo prova

Utilizzando i succitati piezometri sono stati eseguiti due test a portata costante: il primo su PZ02, rappresentativo della porzione superficiale dell'Acquifero A (0–20 m da p.c.), e il secondo su PP01, rappresentativo della porzione profonda dell'Acquifero A (25–48 m da p.c.), al fine di valutare separatamente la risposta idrodinamica dei due comparti. Ai fini del monitoraggio degli abbassamenti nell'acquifero è stato utilizzato anche il piezometro preesistente PZ05, profondo ca. 15 m. La mutua ubicazione dei piezometri utilizzati nel test è riportata nella figura seguente.

[4] www.geoportale.regione.lombardia.it

Figura 5-3: Layout del test pilota

Nel seguito si riporta, in estrema sintesi, l'interpretazione delle prove a portata costante da cui è stata determinata la conducibilità idraulica delle porzioni più superficiale e più profonda dell'Acquifero A alla scala di sito.

5.3.1 PZ02 – prova a portata costante nella porzione superficiale dell'acquifero A (0–20 m da p.c.)

La prova a portata costante è stata eseguita nel piezometro PZ02 alla portata di **16** l/s, pari a più di 1.5 volte la portata massima prevedibile in fase operativa del Data Center di 10.75 l/s/pozzo (Paragrafo 5.1), per una durata di 48 ore (più di 4 volte la durata del picco prevedibile nelle condizioni peggiori in fase operativa).

Nel corso del test sono stati registrati gli abbassamenti nei piezometri PP01, PZ01 e nel piezometro PZ05.

L'abbassamento massimo misurato nel piezometro superficiale PZ05, posto a 33 m di distanza, è stato di circa 0.4 m. Nei punti di controllo profondi PP01 e PZ01, filtrati nella porzione inferiore dell'acquifero e localizzati rispettivamente a 6 m e 11 m di distanza dal pozzo in emungimento, gli abbassamenti sono risultati estremamente contenuti, dell'ordine di 4–5 cm. Tutti i valori registrati sono riportati nella Tabella 5-4 seguente unitamente all'indicazione circa la profondità di fenestratura del punto di monitoraggio e la relativa distanza dal piezometro in emungimento.

	Profondità tratta fenestrata (m da p.c.)	**Distanza da pz in emungimento PZ02 (m)**	**Abbassamento massimo registrato (m)**
PP01	27 – 48	6	0.04 – 0.05
PZ01	25 – 49	11	0.04 – 0.05
PZ05	max 15	33	0.4

Tabella 5-4: Tabella abbassamenti registrata nel corso del test su PZ02

L'interpretazione del test ha fornito per la porzione superficiale dell'acquifero A valori di conducibilità idraulica dell'ordine di 10^{-3} m/s, con un intervallo compreso tra circa $7{,}7\times10^{-4}$ m/s e $1{,}2\times10^{-3}$ m/s. Nel seguito i diagrammi relativi all'interpretazione del test di emungimento secondo le formule applicabili desunte dalla letteratura internazionale.

PZ05

Sat. Tickness	14.00	m
T	1.08E-02	m^2/s
K	7.7E-04	m/s
T	936	m^2/d
K	67	m/d

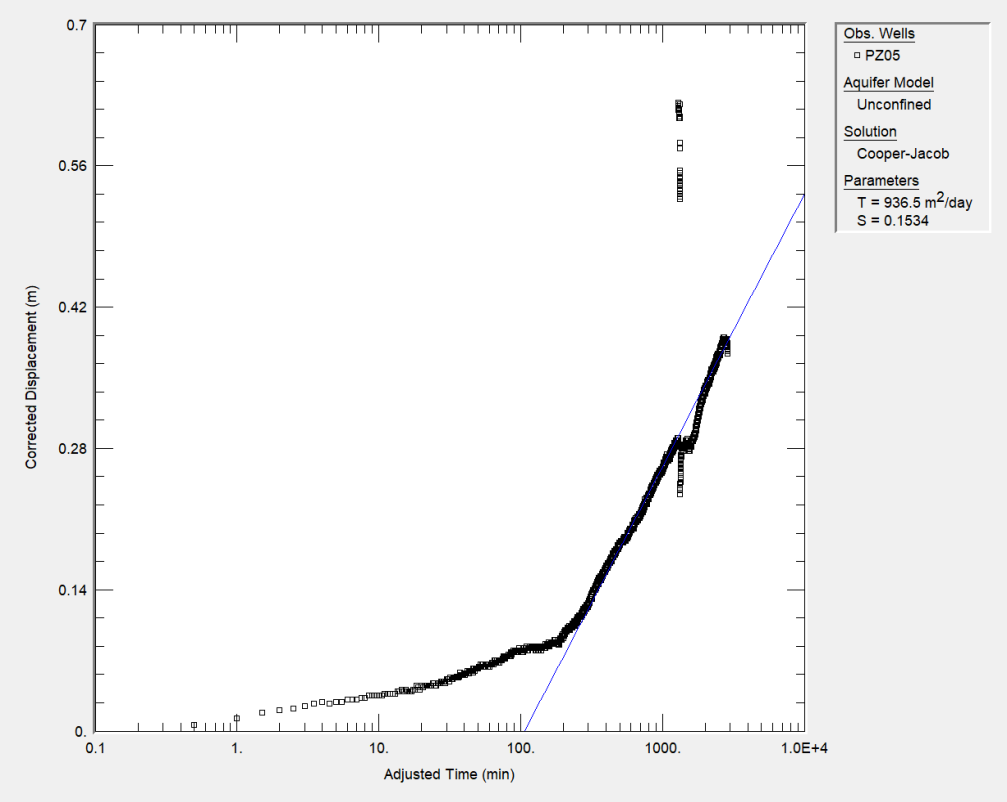


Figura 5-4: PZ05 (Cooper & Jacob)

PZ05

Sat. Tickness	14.00	m
T	1.35E-02	m^2/s
K	9.63E-04	m/s
T	1165	m^2/d
K	83	m/d

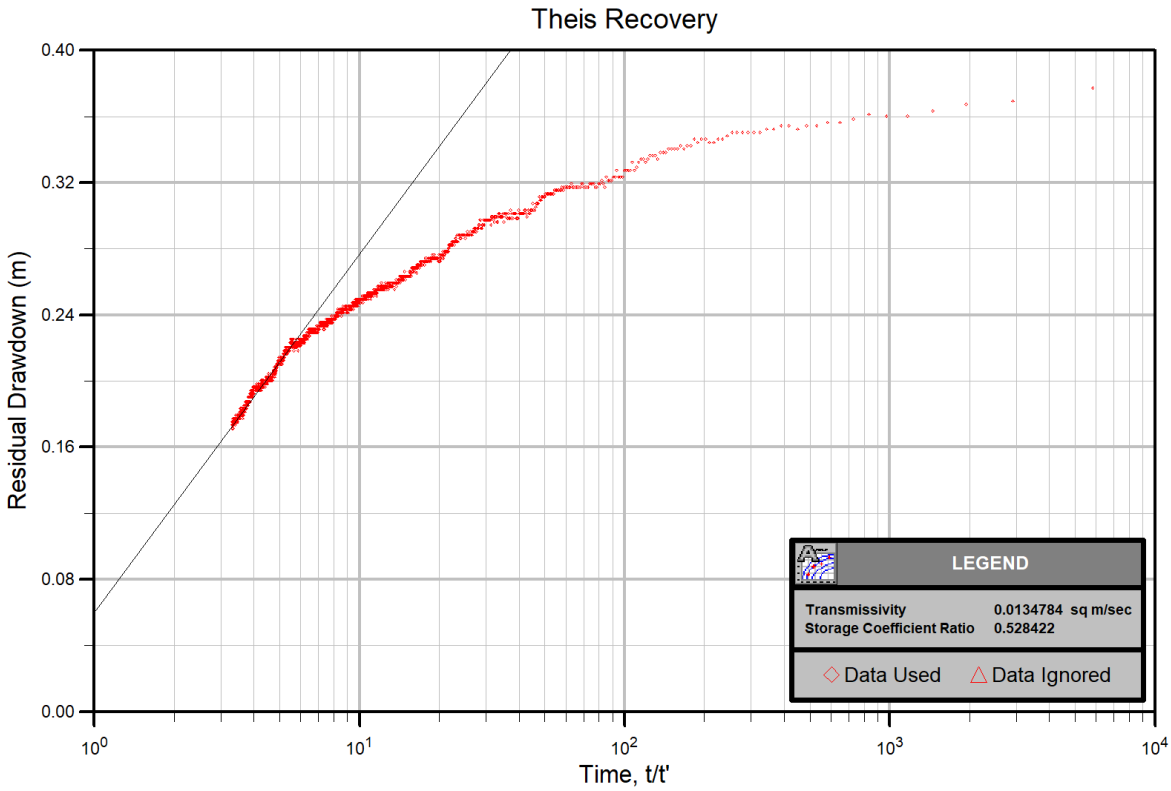


Figura 5-5: PZ05 (Theis Recovery)

PZ05

Sat. Tickness	14.00	m
T	1.73E-02	m^2/s
K	1.2E-03	m/s
T	1497	m^2/d
K	107	m/d

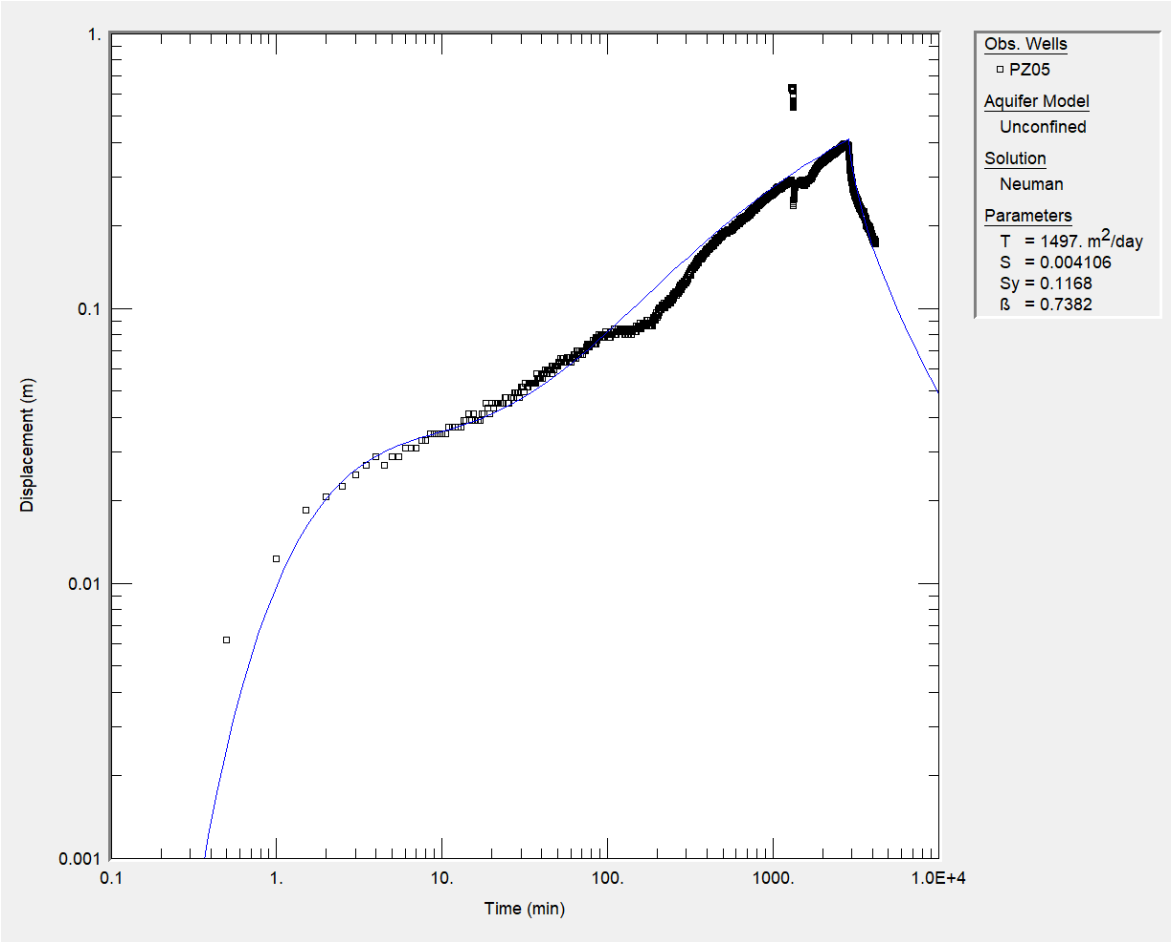


Figura 5-6: PZ05 (Neuman) con vincolo impermeabile a ovest

5.3.2 PP01 – prova a portata costante nella porzione profonda dell'acquifero A (25–48 m da p.c.)

Nel pozzo PP01 è stata eseguita una prova a portata costante con valore di emungimento pari a 13.2 l/s, anche questo maggiore della portata massima prevedibile in fase operativa del Data Center di 10.75 l/s (Paragrafo 5.1), per una durata di 48 ore (più di 4 volte la durata del picco prevedibile nelle condizioni peggiori in fase operativa). Durante il test è stato misurato un abbassamento di circa 0.45 m nel piezometro profondo PZ01, posto a 8 m di distanza. Nel piezometro PZ02, filtrato invece nella porzione superficiale dell'acquifero e ubicato a 6 m da PP01, l'abbassamento è risultato molto ridotto, dell'ordine di 3 – 4 cm (Tabella 5-5). L'interpretazione del test ha restituito per la porzione profonda valori di conducibilità idraulica compresi tra circa 3.8×10^{-4} m/s e 1.4×10^{-3} m/s, a seconda del modello adottato.

	Profondità tratta fenestrata (m da p.c.)	Distanza da pz in emungimento PP01 (m)	Abbassamento massimo registrato (m)
PZ02	3 – 21	6	0.03 – 0.04
PZ01	25 – 49	8	0.45
PZ05	max 15	33	non rilevato

Tabella 5-5: Tabella abbassamenti registrata nel corso del test su PP01

PZ01

Sat. Tickness	24.00	m
T	1.01E-02	m^2/s
K	4.2E-04	m/s
T	870	m^2/d
K	36	m/d

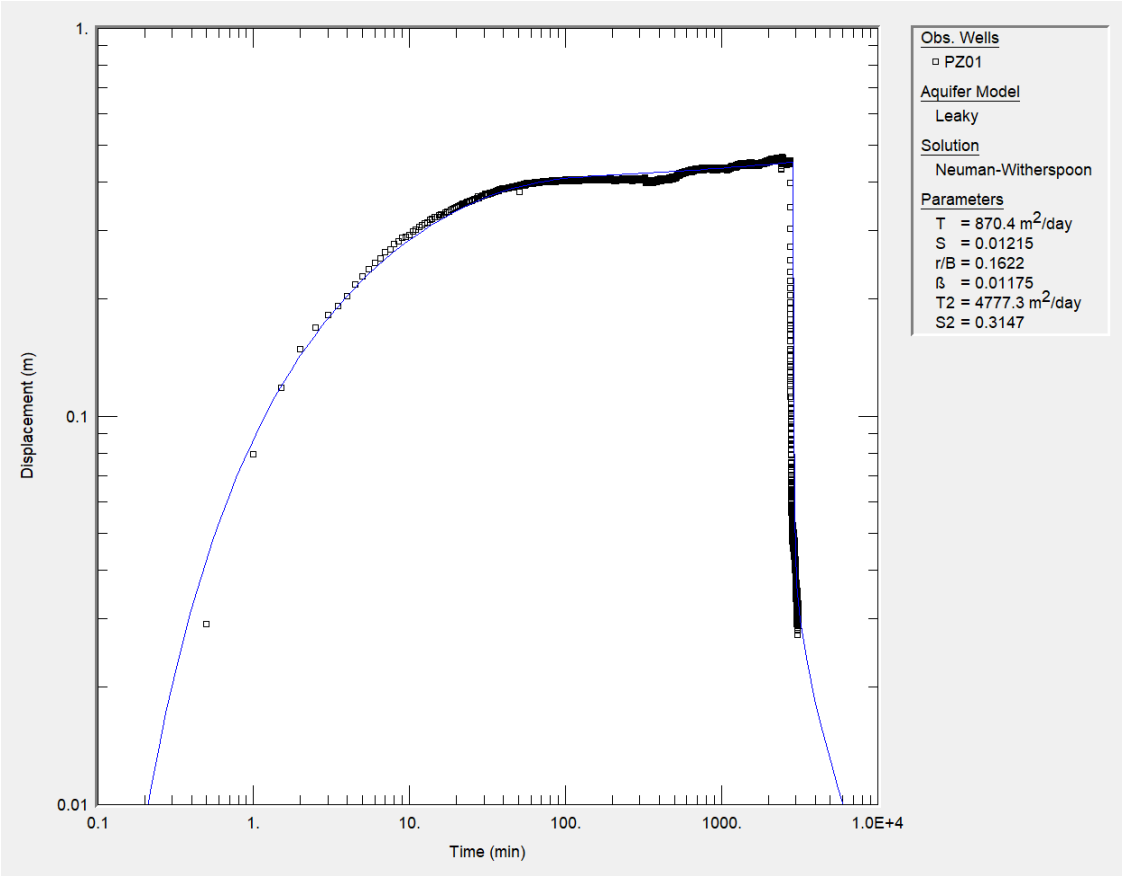


Figura 5-7: PZ01 (Neuman and Witherspoon)

PZ01

Sat. Tickness	24.00	m
T	9.22E-03	m^2/s
K	3.8E-04	m/s
T	797	m^2/d
K	33	m/d

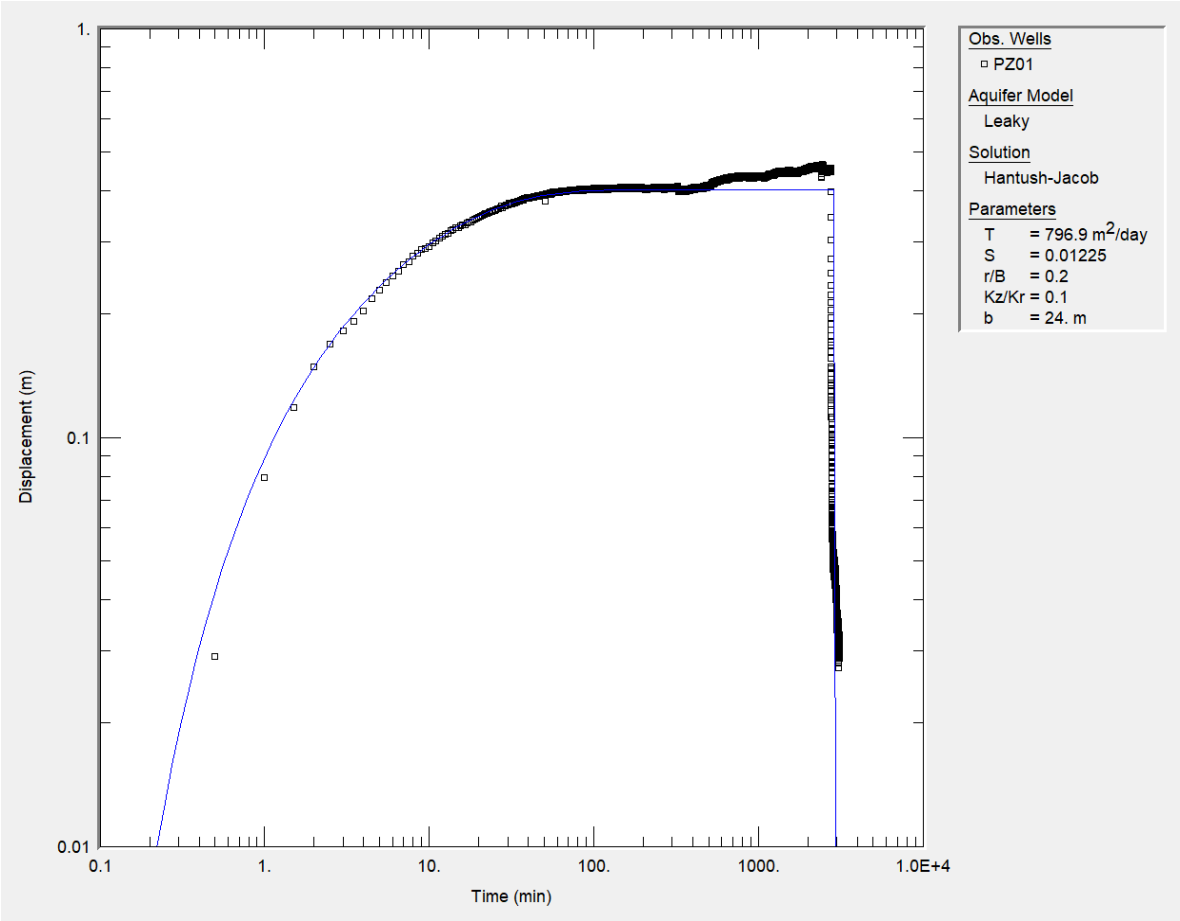


Figura 5-8: PZ01 (Hantush)

PZ01

Sat. Tickness	24.00	m
T	3.46E-02	m^2/s
K	1.4E-03	m/s
T	2988	m^2/d
K	125	m/d

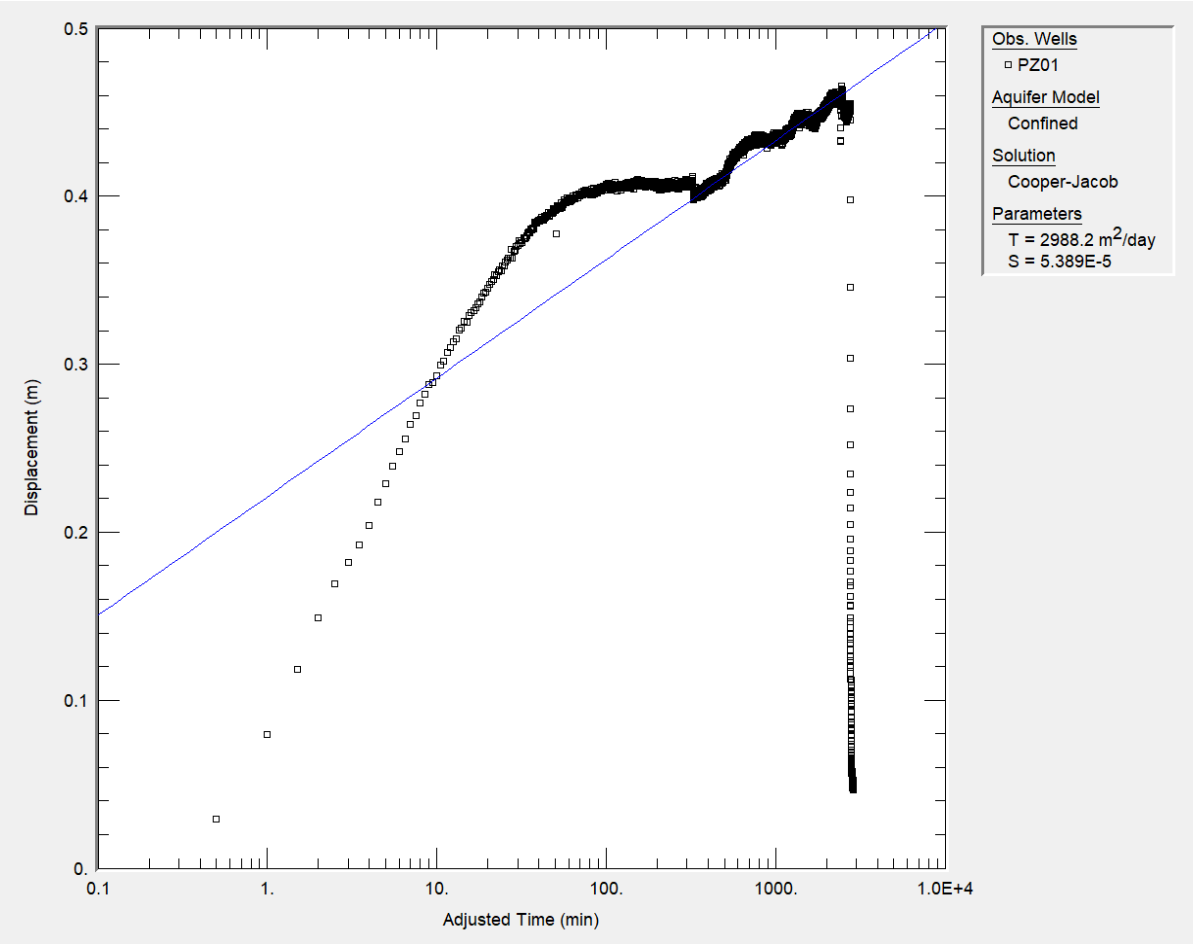


Figura 5-9: PZ01 (Cooper&Jacob)

PP01

Sat. Tickness	24.00	m
T	2.02E-02	m^2/s
K	8.4E-04	m/s
T	1749	m^2/d
K	73	m/d

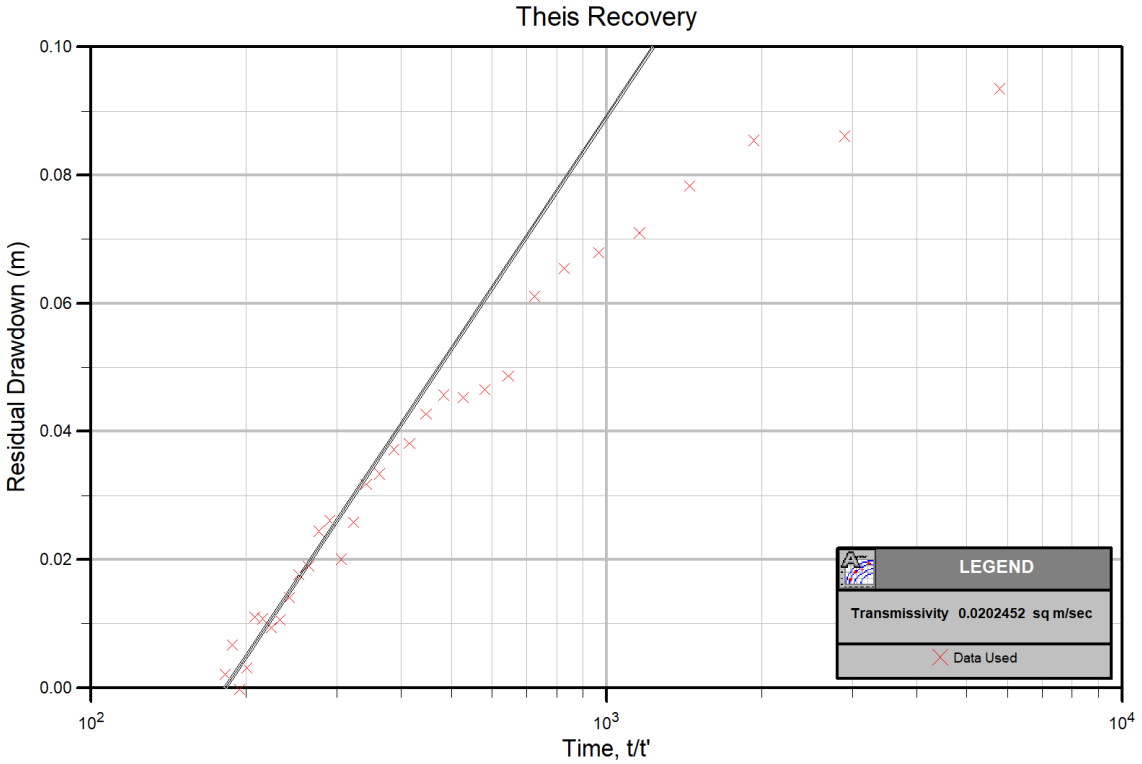


Figura 5-10: PP01 (Theis recovery)

5.4 Definizione delle modalità di prelievo durante l'operatività del sito ADS

Come anticipato in precedenza, una volta che il Data Center sarà costruito, il fabbisogno di acqua di prima falda necessario alle esigenze di raffreddamento sarà soddisfatto mediante n. 4 pozzi di progetto (in Figura 5-11 il layout dei pozzi ed in Tabella 5-6), profondi 50 m e fenestrati tra 8 e 20 m da p.c. e tra 35 e 48 m da p.c., all'interno dell'Acquifero A. Stante la necessità di garantire la continuità di funzionamento del DC, anche in condizioni di criticità o malfunzionamento accidentale, i pozzi funzioneranno alternativamente secondo uno schema che prevede ciclicamente 2 pozzi in esercizio, 1 pozzo di backup/sostituzione pronto all'occorrenza e 1 pozzo a rotazione in manutenzione programmata. La portata massima di picco complessivamente estratta dai pozzi in funzionamento sarà pari a 21.5 l/s e verrà ripartita sui 2 pozzi attivi,

con una portata di circa 10.75 l/s per pozzo, anche al fine di limitare i fenomeni di precipitazione del ferro e la possibile formazione di biofilm da ferrobatteri.

ID	X	Y
P1	505277.39	5040841.82
P2	505291.39	5040847.44
P3	505297.91	5040849.78
P4	505292.03	5040828.02
EPSG:32632 - WGS 84 / UTM zone 32N		

Tabella 5-6: Coordinate indicative dei pozzi finali a servizio del DC

Figura 5-11: Ubicazione pozzi finali a servizio del DC

5.5 Piezometria di riferimento per la calibrazione

Tra i rilievi piezometrici disponibili per la modellazione dello scenario di emungimento di riferimento, è stato selezionato il rilievo del dicembre 2023, corrispondente (cfr. Figura 4-9) alla quota piezometrica minima misurata nei piezometri interni. Tale scelta conservativa, consente di massimizzare gli eventuali abbassamenti stimabili per effetto dell'emungimento nell'Acquifero A.

6. Descrizione del Modello

Per dare seguito a quanto prescritto dal MASE è stato predisposto un modello di flusso con le caratteristiche descritte nel seguito.

6.1 Software di calcolo

Il modello è stato predisposto utilizzando i seguenti codici di calcolo:

- MODFLOW2005 (USGS); e
- MODPATH (versione 5), sviluppato dall'USGS, per il calcolo della componente avvettiva del trasporto rappresentata attraverso il percorso di particelle.

L'interfaccia grafica "GroundwaterVistas v.8 Premium", sviluppata da Environmental Simulations Inc., è stata utilizzata per elaborare i dati di input e output.

6.2 Geometria dell'acquifero e parametrizzazione

Discretizzazione spazio-temporale del dominio computazionale

Il dominio di calcolo è stato definito con estensione di circa 7.500 m in senso longitudinale e circa 8.000 m in senso latitudinale ed è centrato sul sito di interesse (figura sotto). La discretizzazione orizzontale del dominio computazionale è stata effettuata utilizzando celle, con mesh quadrate e rettangolari, con lati compresi tra 1.5 m (nell'area del sito) e 83 m (nelle aree marginali).

La discretizzazione verticale del dominio computazionale, che rappresenta il primo acquifero freatico con uno spessore di circa 45-50 m, è stata effettuata considerando 3 layer diversi per rappresentare le unità litostratigrafiche minori presenti sul sito e la posizione della tratta fessurata dei pozzi. L'elevazione della base dell'acquifero è stata estrapolata sulla base dei dati disponibili nell'area e della mappa del basale dell'Acquifero A (Figura 4-4) di Regione Lombardia (https://www.geoportale.regione.lombardia.it/).

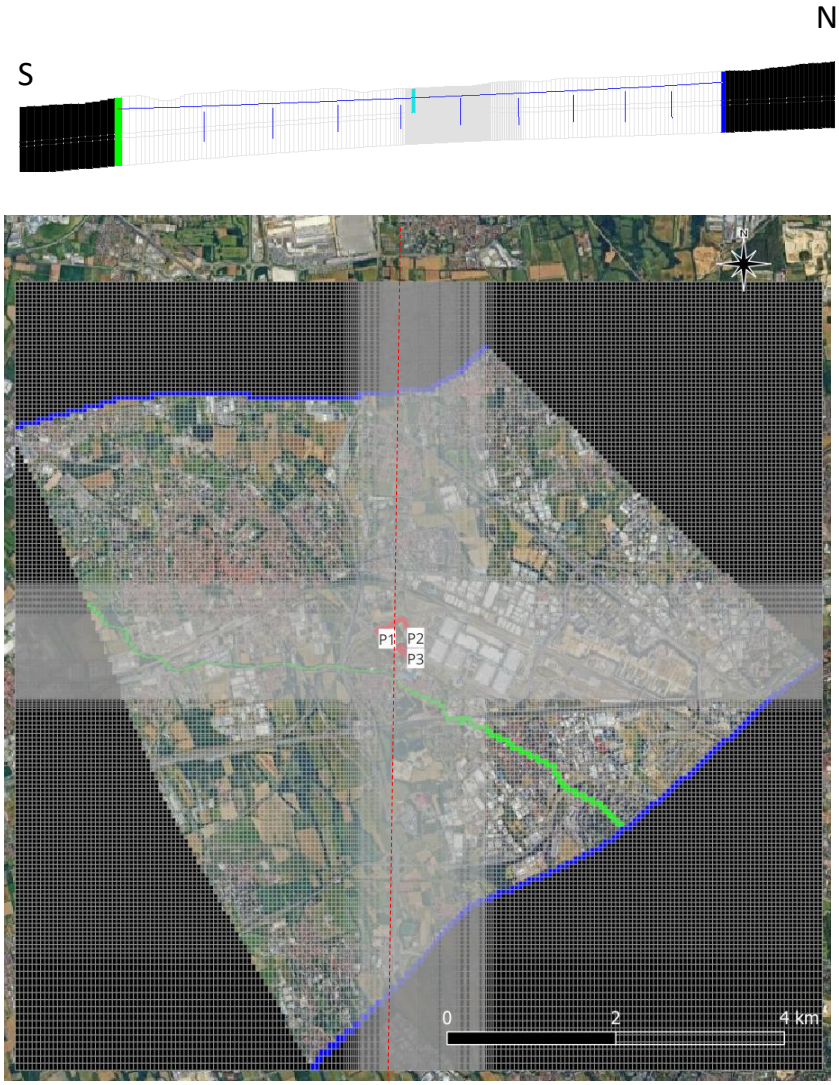


Figura 6-1: Griglia di simulazione

Conducibilità idraulica

Il valore di conducibilità idraulica dell'acquifero è stato assegnato conservativamente sulla base dei risultati dei test idraulici condotti sul sito (Paragrafo 5.3) ed ottimizzato in fase di calibrazione del modello.

In particolare al Layer 1 del dominio di calcolo (Figura 6-2), rappresentante la parte più superficiale dell'Acquifero A (0-20 m da p.c.), è stato assegnato un valore di conducibilità idraulica di 67 m/d (Kx,y=67 m/d; Kz=1/10Kx), corrispondente a 7.7 x 10^{-4}m/s, ottimizzato in fase di calibrazione del modello al fine di riprodurre su base modellistica la piezometria di riferimento (Paragrafo 5.5) e compatibile i risultati dei test idraulici effettuati (Paragrafi 5.3 e 5.4).

Al Layer 3 del dominio di calcolo, rappresentante della porzione inferiore dell'Acquifero A (25-50 m da p.c.) è stato invece assegnato un valore di 60 m/d (Kx,y=60 m/d; Kz=1/10Kx), corrispondente a 6.9x10^{-4} m/s. Tale valore è compatibile con gli esiti dei test idraulici condotti ed è stato ottimizzato in fase di calibrazione transitoria del modello sulla base dei test stessi (Paragrafi 5.3 e 6.5). Un valore di Kx,y,z = 0,0864 m/d, sempre ottimizzato in fase di calibrazione del modello sulla base dei risultati dei test idraulici effettuati, è stato assegnato al livello limoso individuato a 20 m dal p.c. (Layer 2). Si ricorda che tale livello, rilevato

localmente, non costituisce tuttavia un vero e proprio livello di separazione essendo l'Acquifero A un unico corpo acquifero, di spessore nell'ordine di 45-50 m, con localizzate intercalazioni limose.

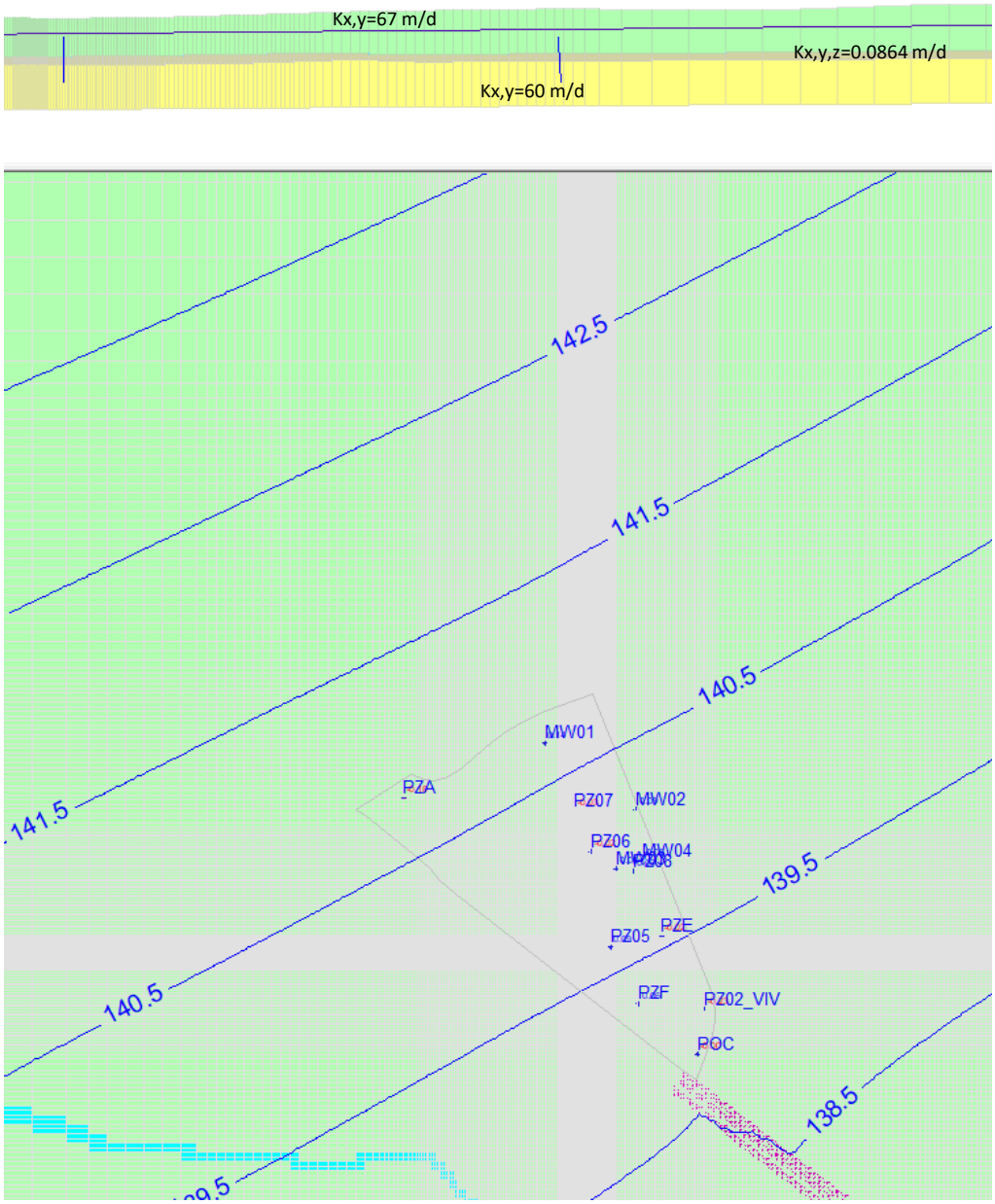


Figura 6-2: Distribuzione conducibilità idraulica

Nelle simulazioni transitorie sono stati utilizzati anche i seguenti parametri, i cui valori riportati qui sotto sono stati ottimizzati in fase di calibrazione del modello, e compatibili con le caratteristiche dell'acquifero e con gli esiti dei test condotti (Paragrafo 5.3):

- Specific storage Ss = 1E-4 [m^-1]
- Specific Yield (Layer 1) Sy = 0.15 [-],

6.3 Condizioni al contorno e interne

Nel modello sono state imposte le seguenti condizioni al contorno (Figura 6-4):

- "Constant Head (C.H.)", su tutti gli strati del modello, al confine nord e sud del dominio computazionale;
- "River", lungo il corso del fiume Olona;
- "Well" in corrispondenza dei nuovi pozzi di estrazione;
- “HFB - Horizontal Flow Barrier” in corrispondenza delle paratie della galleria Cerchiarello Sud (s=0.8÷1.2 m, K=1*10^-10 m/s).

Le caratteristiche geometriche e costruttive della galleria artificiale Cerchiarello Sud (Figura 6-3) sono state ricostruite sulla base dell’articolo tecnico pubblicato su *Quarry & Construction*[5], che descrive l’opera come una galleria artificiale a sezione rettangolare, di lunghezza complessiva pari a circa 852 m, costituita da una canna per senso di marcia e dotata di rampa di uscita verso il Polo Fieristico.

Dal testo e dalla sezione tipo dell’opera si deduce la presenza di diaframmi laterali in calcestruzzo armato di profondità pari a circa 14 m dal piano campagna e spessore 1.20 m, nonché di un diaframma centrale di separazione tra le due canne approfondito fino a circa 18 m dal piano campagna e di spessore 0.80 m; il piano viabile, sviluppandosi interamente al di sotto del massimo livello di escursione della falda, è protetto inferiormente da un tampone di fondo in jet-grouting di spessore pari a circa 2.50 m.

La collocazione planimetrica, del tratto in galleria artificiale dotato di paratie profonde, è stata dedotta incrociando la lunghezza complessiva dichiarata dell’opera con l’analisi dell’immagine satellitare e della viabilità esistente, consentendo di individuare l’inizio del manufatto profondo in prossimità del confine meridionale dell’area di studio. Tale interpretazione risulta coerente anche con l’assetto delle rampe e con l’andamento plano-altimetrico della viabilità di accesso al Polo Fieristico, permettendo di considerare la galleria Cerchiarello Sud, come un elemento strutturale che interferisce con il regime di flusso sotterraneo nell’acquifero a valle del confine sud del sito.

Nel modello si è conservativamente assunta l’assenza di elementi strutturali poco profondi di separazione idraulica, riconducibili alle rampe della galleria, tra i pozzi in progetto e il pozzo idropotabile più vicino (cod. 151700003). Tale assunzione consente di non considerare alcun effetto di schermatura verso sud e pertanto di valutare in modo cautelativo gli abbassamenti potenzialmente indotti dall’emungimento previsto, in corrispondenza del pozzo idropotabile.

[5] Quarry & Construction - Nuovo Collegamento alla Fiera di Milano – Re, N.V.e Moretti, M. - Luglio 2008

Figura 6-3: Area di studio e tracciato della galleria Cerchiarello Sud; le linee nere indicano le condizioni di Horizontal Flow Barrier implementate nel modello come condizione al contorno idraulica.

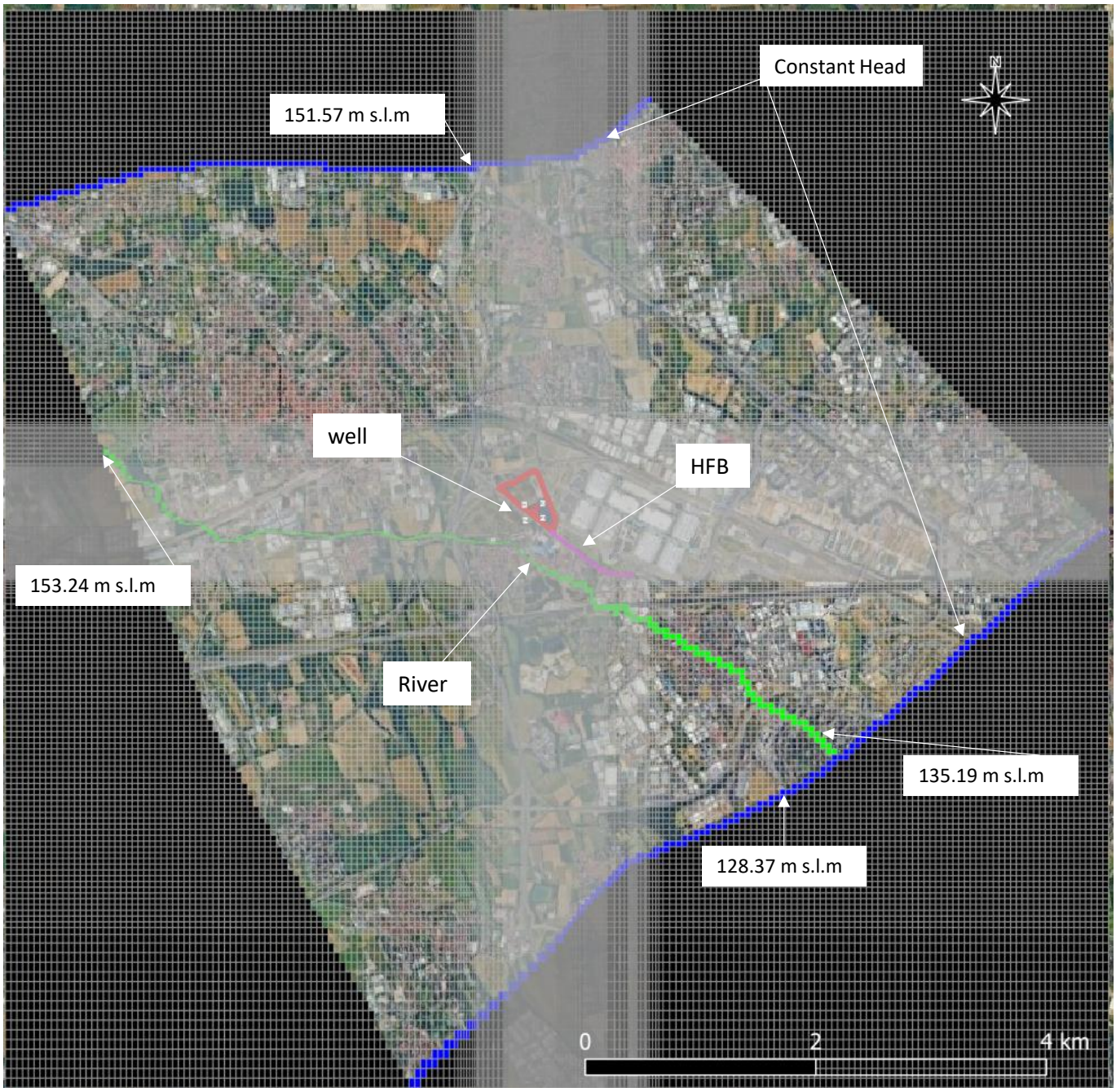


Figura 6-4: Ubicazione e caratteristiche delle condizioni al contorno imposte al dominio di calcolo

6.4 Ricarica

Il tasso di ricarica meteorica, considerato per le aree non asfaltate (rappresentate in verde nella figura sottostante), è stato assunto essere di 0,76 mm/d, pari all'infiltrazione effettiva media annuale per l'anno 2023, scelto per la calibrazione dello scenario di riferimento per il modello (Paragrafo 6.5). Tale valore è stato calcolato sottraendo l'evapotraspirazione effettiva, calcolata con formula di Turc[6], alla piovosità cumulativa annuale (Tabella "Precipitazioni e Temperatura ("Rho Scalo Fiorenza – Prato") - (www.arpalombardia.it)). Come indicato al Paragrafo 5.5, la piezometria di dicembre 2023 è stata utilizzata

[6] Rif. Turc, 1955

per le valutazioni in quanto rappresentativa di condizioni di basso piezometrico e quindi più cautelativa per la valutazione degli abbassamenti indotti dai sistemi di pompaggio.

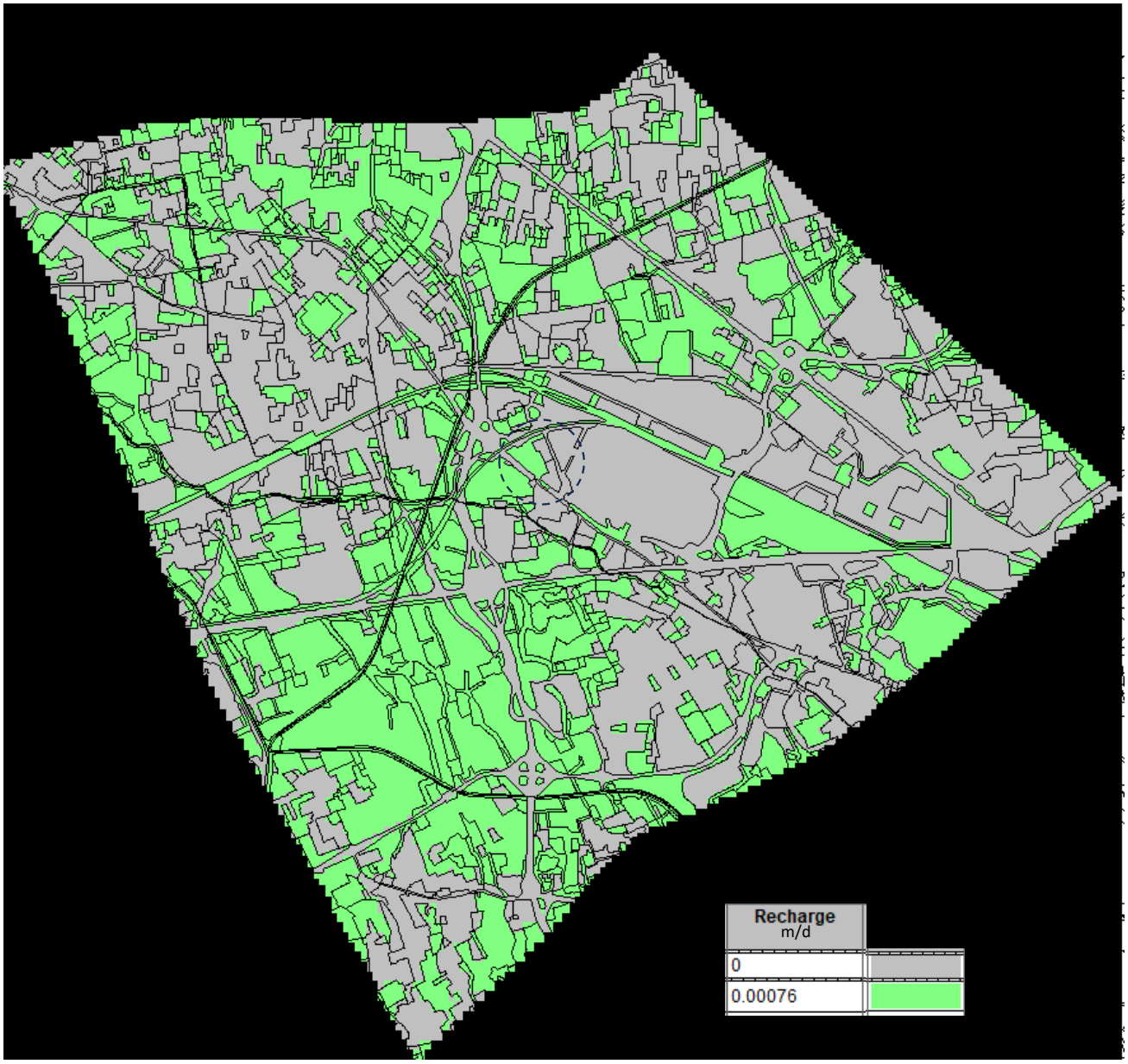


Figura 6-5: Aree di infiltrazione e tasso di ricarica applicato nelle simulazioni

6.5 Calibrazione del Modello

La calibrazione in regime stazionario è stata eseguita mediante procedura iterativa manuale (trial-and-error), variando progressivamente i parametri idraulici del modello e le condizioni al contorno fino a ottenere il miglior accordo tra livelli piezometrici simulati e osservati.

Come stato di riferimento è stata assunta la piezometria misurata nel dicembre 2023, ritenuta rappresentativa di condizioni di basso piezometrico e quindi cautelativa ai fini della stima degli

abbassamenti indotti dal pompaggio; la bontà della calibrazione è confermata da residui contenuti e da un errore quadratico medio normalizzato (scaled RMS) pari a circa 5.3%.

Di seguito si riportano i risultati della calibrazione in particolare:

- Piezometria calibrata (Figura 6-6);
- Distribuzione residui di calibrazione (Figura 6-7);
- Tabella residui di calibrazione (Tabella 6-1);
- Parametri statistici e retta di calibrazione (Figura 6-8);
- Bilancio di massa del modello (Figura 6-9).

Figura 6-6: Piezometria calibrata – 20 dicembre 2023 (m s.l.m.)

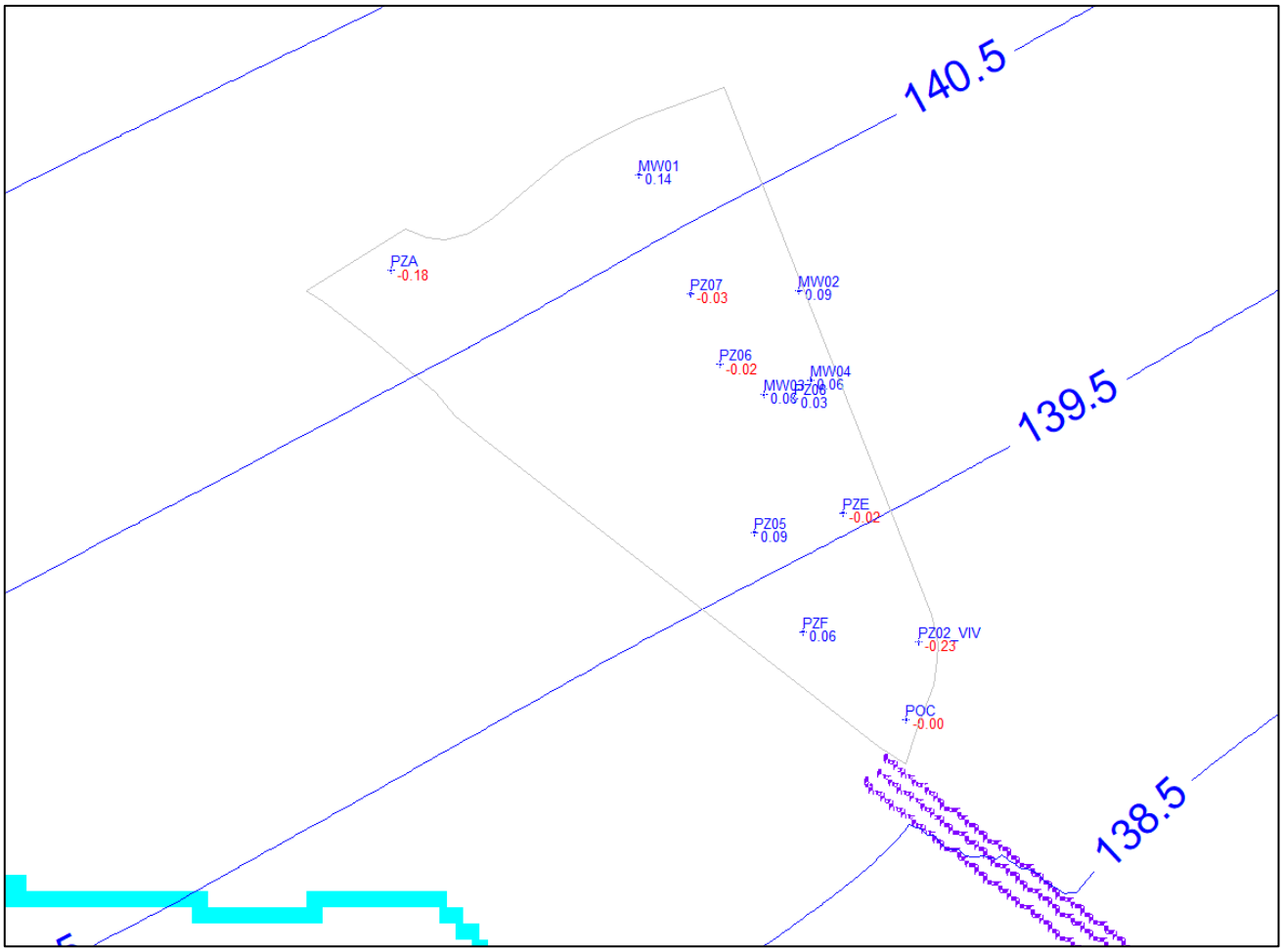
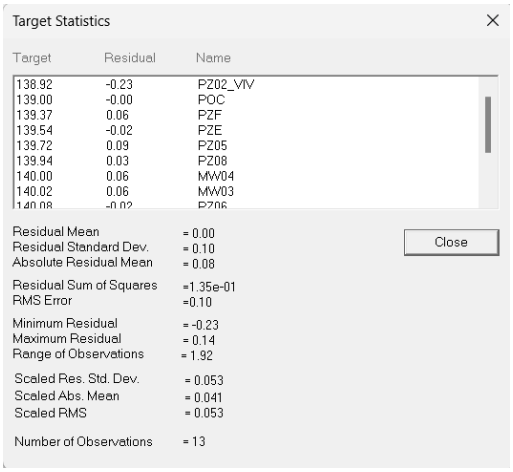


Figura 6-7: Distribuzione residui di calibrazione

ID	Livello misurato (m s.l.m.)	Livello simulato (m s.l.m.)	Residuo (m)
MW01	140.84	140.70	0.14
MW02	140.27	140.18	0.09
MW03	140.02	139.96	0.06
MW04	140.00	139.93	0.06
PZ02_VIV	138.92	139.16	-0.23
PZ05	139.72	139.63	0.09
PZ06	140.08	140.10	-0.02
PZ07	140.30	140.32	-0.03
PZ08	139.94	139.91	0.03
PZA	140.63	140.81	-0.18
PZE	139.54	139.56	-0.02
PZF	139.37	139.31	0.06
POC	139.00	139.00	0.00

Tabella 6-1:Tabella residui di calibrazione

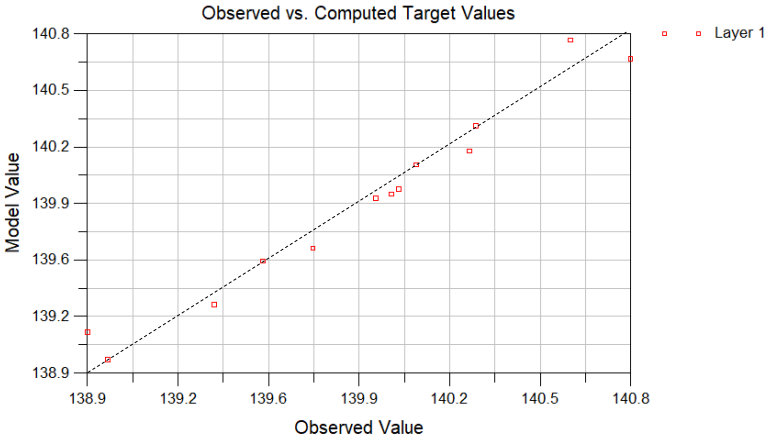


Target Statistics

Target	Residual	Name
138.92	-0.23	PZ02_VIV
139.00	-0.00	POC
139.37	0.06	PZF
139.54	-0.02	PZE
139.72	0.09	PZ05
139.94	0.03	PZ08
140.00	0.06	MW04
140.02	0.06	MW03
140.08	-0.02	PZ06

Residual Mean = 0.00
Residual Standard Dev. = 0.10
Absolute Residual Mean = 0.08
Residual Sum of Squares =1.35e-01
RMS Error =0.10
Minimum Residual = -0.23
Maximum Residual = 0.14
Range of Observations = 1.92
Scaled Res. Std. Dev. = 0.053
Scaled Abs. Mean = 0.041
Scaled RMS = 0.053
Number of Observations = 13

Close



*il livello misurato in PZG è stato escluso dalla calibrazione poiché non era coerente con quello misurato in altri pozzi di monitoraggio situati nelle vicinanze

Figura 6-8:Parametri statistici di calibrazione e linea di calibrazione

MODFLOW Mass Balance

From Column 1 To Column 451 Graph OK
From Row 1 To Row 400 Export...
In Layer 0

	INFLOWS	OUTFLOWS
Storage	0	0
X min	0	0
X max	0	0
Y min	0	0
Y max	0	0
Top	0	0
Bottom	0	0
Well	0	0
C.H.	49929.169361624	66456.9612420926
GHB	0	0
River	2067.12222833931	0
Drain	0	0
Stream	0	0
Recharge	14480.1706315912	0
ET	0	0
Lake	0	0
TOTAL	66476.4622215545	66456.9612420926

	INFLOWS
SGB	0
OLF X min	0
OLF X max	0
OLF Y min	0
OLF Y max	0
GW to OLF	0
OLF to GW	0
OLF CH	0
OLF Source-Sink	0
Special Boundary	0
OLF Recharge	0
OLF Evap.	0
Interception Storage	0
Precipitation	0
Evp. Canopy	0
Recharge to Ground	0
Total PET Possible	0
Percent Error	0.0293394677633187

Figura 6-9: Bilancio di massa modello (m^3/d)

6.5.1 Verifica della taratura del modello – riproduzione degli esiti del test di emungimento

Per confermare l'adeguatezza del modello calibrato alla valutazione degli abbassamenti è stata inoltre svolta la taratura in condizioni transitorie mediante simulazione dei test idraulici descritti al Paragrafo 5.3.

La calibrazione transitoria del modello è stata effettuata mediante procedura iterativa manuale (trial-and-error), variando progressivamente i parametri idrodinamici dell'acquifero, in particolare la conducibilità idraulica K ed il coefficiente di immagazzinamento (S_s e S_y), fino a ottenere il miglior adattamento tra curve di abbassamento simulate e osservate durante le prove a portata costante del test pilota (cfr. Paragrafo 5.3).

La calibrazione è stata verificata mediante confronto diretto delle curve tempo–abbassamento nei piezometri di monitoraggio, considerando sia la fase di pompaggio sia la fase di recupero, e valutando la capacità del modello di riprodurre correttamente entità e andamento temporale dei drawdown misurati.

Nelle seguenti due figure si riporta il confronto tra abbassamenti misurati in campo, durante le prove di pompaggio, nei piezometri di monitoraggio, ed abbassamenti simulati dal modello. Il valore misurato nel punto in pompaggio non è stato preso in considerazione in quanto disturbato dalle perdite di carico in ingresso e fortemente influenzato dall'efficienza del filtro del pozzo.

Come si può osservare si ha una buona corrispondenza tra abbassamenti simulati ("Abbass. Sim." in legenda) e misurati in campo indicando che il modello è in grado di rappresentare in maniera accurata gli abbassamenti indotti dal pompaggio.

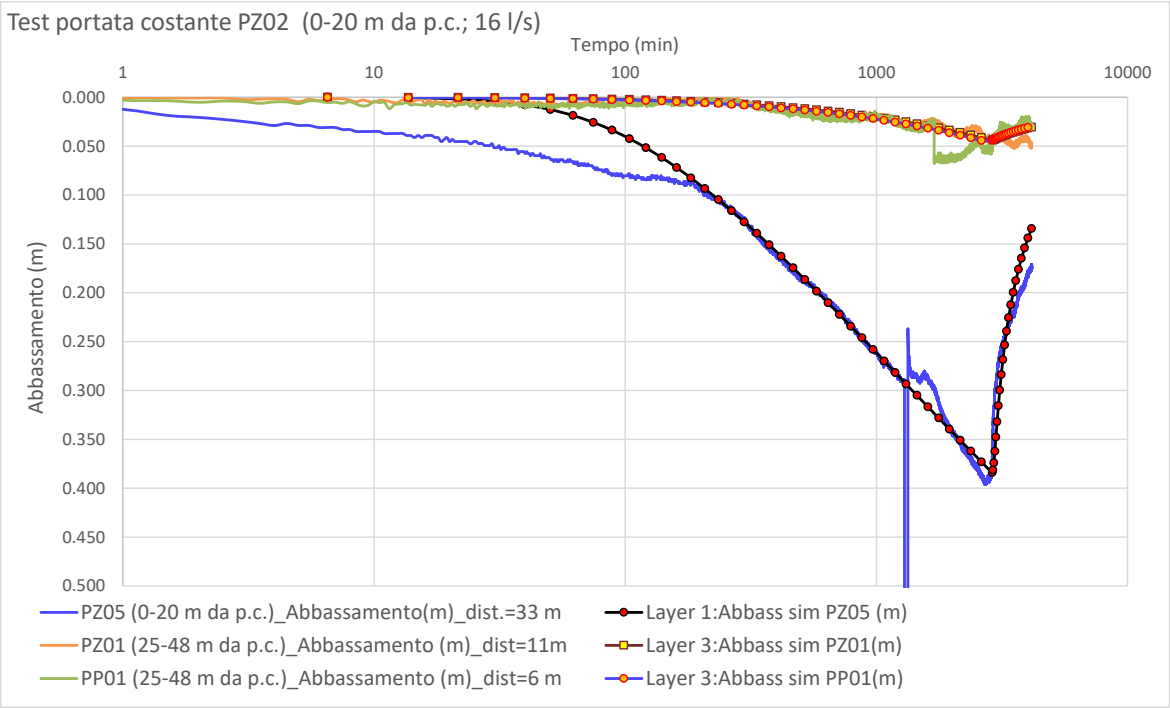


Figura 6-10: Simulazione test a portata costante PZ02 (16 l/s)

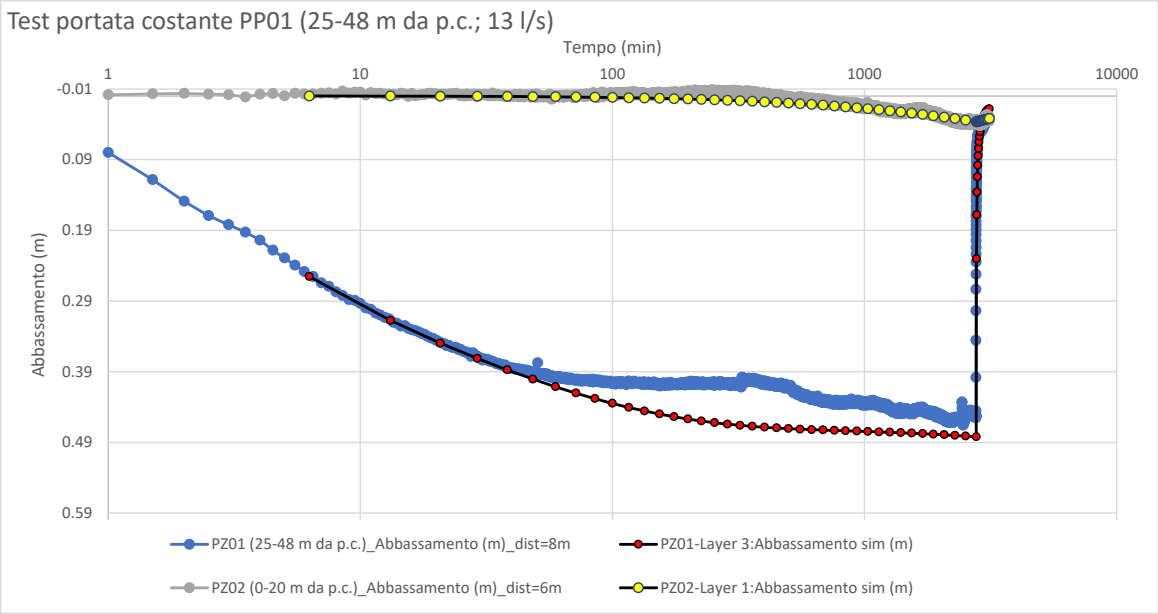


Figura 6-11: Simulazione test a portata costante PP01 (13 l/s)

7. Modellazione dello scenario di emungimento

Al fine di stimare gli effetti del prelievo di falda per l'approvvigionamento di acqua di raffreddamento per l'operatività del Data Center ADS, sono stati utilizzati i valori volumetrici mensili del fabbisogno idrico riportati in Tabella 5-1.

Per rappresentare la variabilità temporale dell'emungimento nel modello numerico, si è ricorso ad una modellazione in condizioni transitorie, nella quale la discretizzazione temporale avviene tramite diversi Stress Period (o unità di discretizzazione temporale).

A ciascuno Stress Period (SP) è stato quindi assegnato un valore conservativo di portata tale da consentire il rispetto del fabbisogno mensile (maggio 180.9 m^3, giugno 5,258.6 m^3, luglio 3,190.8 m^3, agosto 10,178.1 m^3 e settembre 153.0 m^3), assunto come vincolo.

Stante lo schema di funzionamento che prevede l'emungimento contemporaneo da 2 pozzi (cfr. Paragrafo 5.1), nel modello si è convenzionalmente assunto che i pozzi P1 e P3 siano in emungimento, mentre i pozzi P2 e P4 sono stati assunti spenti (per motivi di back-up e manutenzione rispettivamente)

Nel dettaglio, per i mesi di maggio, giugno, luglio e settembre i volumi mensili sono stati trasformati in portate assumendo un emungimento costante per l'intera durata del mese (SP 1-2-3-8). Tale assunzione non determina impatti sul massimo abbassamento stimato che, convenzionalmente, è stato simulato alla fine del mese di agosto (cfr. nel seguito).

Il mese di agosto, che rappresenta invece da solo più della metà del fabbisogno annuo, è stato rappresentato adottando una discretizzazione temporale più spinta ed assumendo, conservativamente, portate crescenti con la condizione di massimo stress alla fine del mese **(31 agosto). Tale schema è stato pensato per accentuare, sempre a scopo conservativo, gli abbassamenti indotti stimati sulla falda dall'emungimento simulato nel modello**.

A tale scopo si è assunto conservativamente che il 30% di tutto l'emungimento di agosto, ovvero 3.000 m^3 circa, sia convenzionalmente concentrato negli ultimi 2 giorni (48 h) del mese e che il picco di emungimento (21.5 l/s) si raggiunga invece nelle ultime 11 ore del mese (dalle 13:00 alle 24:00 del 31 agosto, per un totale di circa 851 m^3). Il restante volume di emungimento (3.000 m^3– 851 m^3 = 2149 m^3) è stato invece assunto come uniformemente distribuito nelle 37 ore rimanenti (24 ore del 30/08 + 13 del 31/08, dalle 0:00 alle 13:00), per una portata di emungimento assunta pari a 16.13 l/s circa.

Il volume residuo del mese di agosto è stato quindi distribuito uniformemente nei restanti **29 giorni assumendo una portata di emungimento costante (pari a 7179** m^3**/29 giorni = 2.87 l/s)**, così da mantenere invariati sia il totale mensile sia il volume annuo complessivo.

In questo modo, la Tabella 7-1 (e la relativa Figura 7-1) riproduce la stagionalità del fabbisogno, conserva i bilanci di progetto e rappresenta in forma cautelativa la condizione di massimo abbassamento piezometrico alla fine del mese di agosto. L'abbassamento massimo così stimato è comunque associato a una condizione transitoria di breve durata, in quanto, come detto, il picco di emungimento massimo ha durata continuativa limitata a **11 h,** così come indicato dai progettisti di ADS.

La portata di emungimento complessiva è stata infine ripartita nel modello su **2 dei 4 pozzi di progetto**[7] (P1 e P3 in Figura 6-3), stante lo schema di funzionamento alternato descritto al Paragrafo 5.4; ne consegue che, nelle fasi di esercizio a due pozzi attivi, la portata assegnata a ciascun pozzo corrisponde a metà della portata totale di sito riportata in tabella.

Stress Period (SP)	Periodo di applicazione	Durata (days)	Progressivo (days)	Portata (m^3/d)	Portata (l/s)	Volume SP (m^3)	Note
1	01 May – 31 May	31	31	5.8	0.07	180.90	Volume max maggio
2	01 Jun – 30 Jun	30	61	175.3	2.03	5258.60	Volume max giugno
3	01 Jul – 31 Jul	31	92	102.9	1.19	3190.80	Volume max luglio
4	01 Aug – 29 Aug	29	121	247.6	2.87	7179.50	Volume max agosto meno le 48h di picco
5	30 Aug 00:00 – 31 Aug 00:00	1	122	1392.8	16.12	1392.80	primo giorno del blocco di picco su 48 h
6	31 Aug 00:00 – 31 Aug 13:00	0.542	122.542	1392.8	16.12	754.40	prime 13 h del blocco finale; completamento del picco su 24 h
7	31 Aug 13:00 – 01 Sep 00:00	0.458	123.000	1857.6	21.50	851.40	picco finale di 11 h; completamento del blocco di picco su 24h
8	01 Sep – 30 Sep	30	153	5.1	0.06	153.00	Volume max settembre
9	01 Oct – 30 Apr	212	365	0	0	0	Fermo impianto di pompaggio
					Volume totale	**18961.4**	

Tabella 7-1: Tabella prelievi inserita nel modello per la stima degli abbassamenti

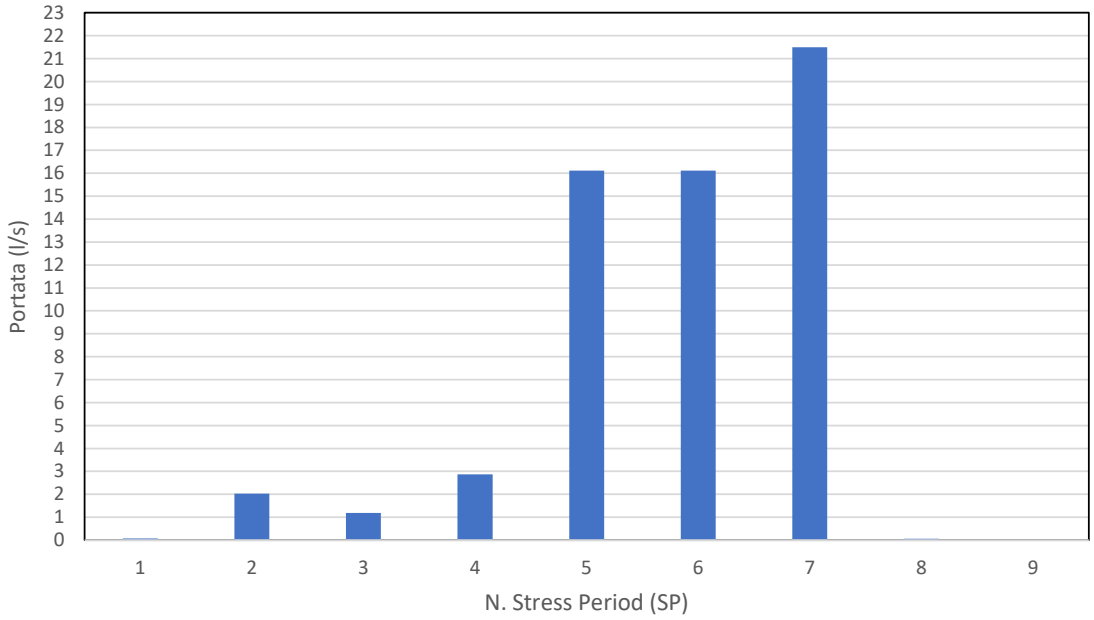


Figura 7-1: Prelievi inseriti nel modello per la stima degli abbassamenti

[7] Si ricorda (cfr. Paragrafo 5.4) che i pozzi funzioneranno alternativamente secondo uno schema che prevede ciclicamente 2 pozzi in esercizio, 1 pozzo di backup/sostituzione pronto all'occorrenza e 1 pozzo a rotazione in manutenzione programmata

8. Stima degli abbassamenti

Le Figure di seguito riportate rappresentano i risultati della modellazione effettuata e gli abbassamenti massimi stimabili nelle condizioni conservative simulate che vengono qui brevemente riassunte:

1. Calibrazione del modello con riferimento alla piezometria del dicembre 2023, corrispondente alle quote assolute della tavola d'acqua minime registrate negli ultimi anni.
2. Emungimenti simulati sulla base dei fabbisogni dedotti dai dati di temperatura dell'anno 2003, risultato il peggiore nell'elaborazione di 31 anni di dati meteorologici orari (1994–2024) riferiti al sito di Milano Malpensa.
3. Emungimento del 30% del volume totale stimato per l'intero mese di massimo consumo (agosto) negli ultimi 2 gg del mese, con picco di 21.5 l/s raggiunto nelle ultime 11h del 31 agosto.
4. Il tratto stradale in trincea (rampa discendente) a sud dei pozzi in progetto non costituisce una barriera al naturale flusso della falda a sud del sito, zona ove è ubicato il pozzo ad uso idropotabile più vicino.

Il risultato in termini di abbassamento più conservativo viene raggiunto dal modello (Figura 8-1) alla fine dello stress period n.7 (che rappresenta il picco a 11h alla portata di 21.5 l/s). La succitata figura riporta la piezometria dinamica e la mappa dell'abbassamento massimo della tavola d'acqua (Layer 1) stimato alla fine del mese di agosto con il maggior fabbisogno idrico.

La Figura 8-2, invece riporta l'andamento temporale degli abbassamenti massimi stimati dal modello in corrispondenza del pozzo P2 (ubicato a circa 7 m da P3 e 14 m da P1, ed assunto dal modello come non in esercizio), posizionato tra i pozzi P1 e P3, mentre la Figura 8-3 mostra l'andamento dell'abbassamento in corrispondenza del pozzo ad uso idropotabile ID 151700003, posto c.a. 300 m sud dei pozzi ADS di futura realizzazione.

Come si può osservare l'abbassamento massimo generato dal funzionamento dei pozzi ADS, anche nelle condizioni peggiori simulate, a c.a. 300 m di distanza dai pozzi medesimi risulta inferiore ai 5 cm. Tale valore è sicuramente **trascurabile rispetto all'escursione stagionale di falda** (4-5 m) osservata nei piezometri interni al sito ADS e nei pozzi circostanti il sito.

Ancor più trascurabile è la durata della perturbazione massima indotta dall'emungimento, considerato che il picco di emungimento, pari a 21.5 l/s, viene raggiunto per sole 11 h nel mese di agosto e che, stante l'elevata produttività dell'acquifero, ci si attende un rapido ripristino del livello statico della falda dopo il picco stesso, nonché nei periodi autunnale ed invernale.

Figura 8-1: Abbassamento massimo simulato ("metri" in giallo) della tavola d'acqua (Layer 1) al termine del periodo picco (SP n.7)

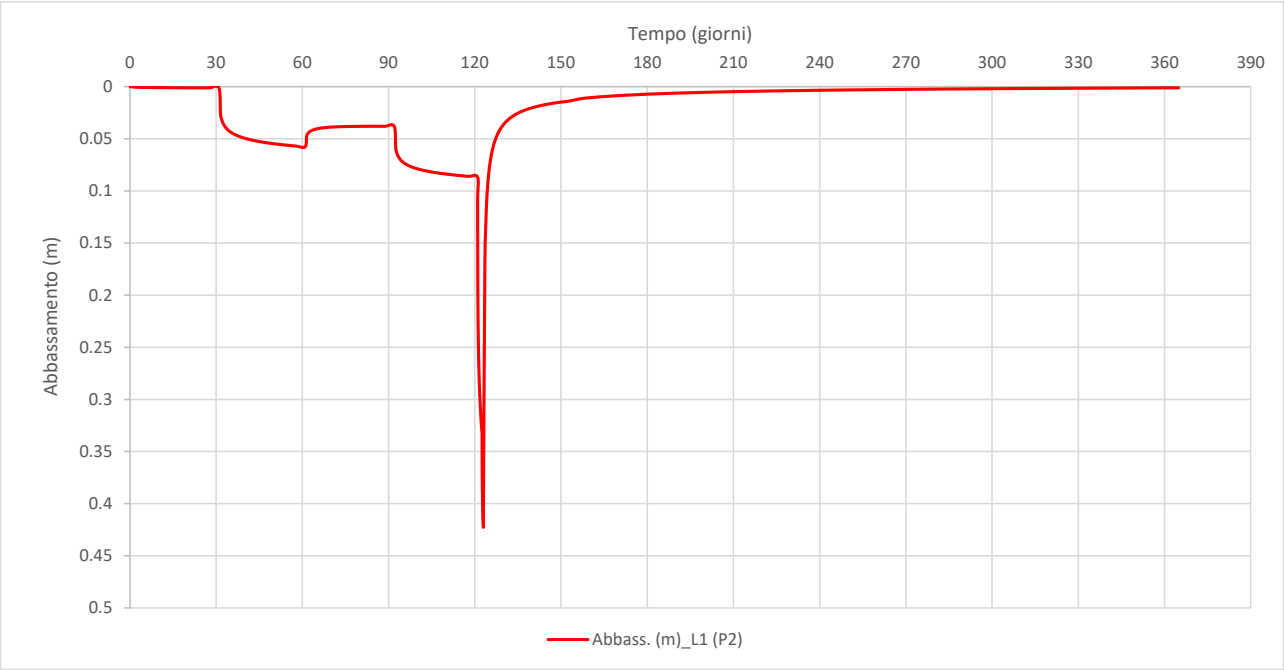


Figura 8-2: Abbassamento in corrispondenza del pozzo P2 intermedio (c.a. 7÷14 m dai pozzi P1 e P3 attivi)

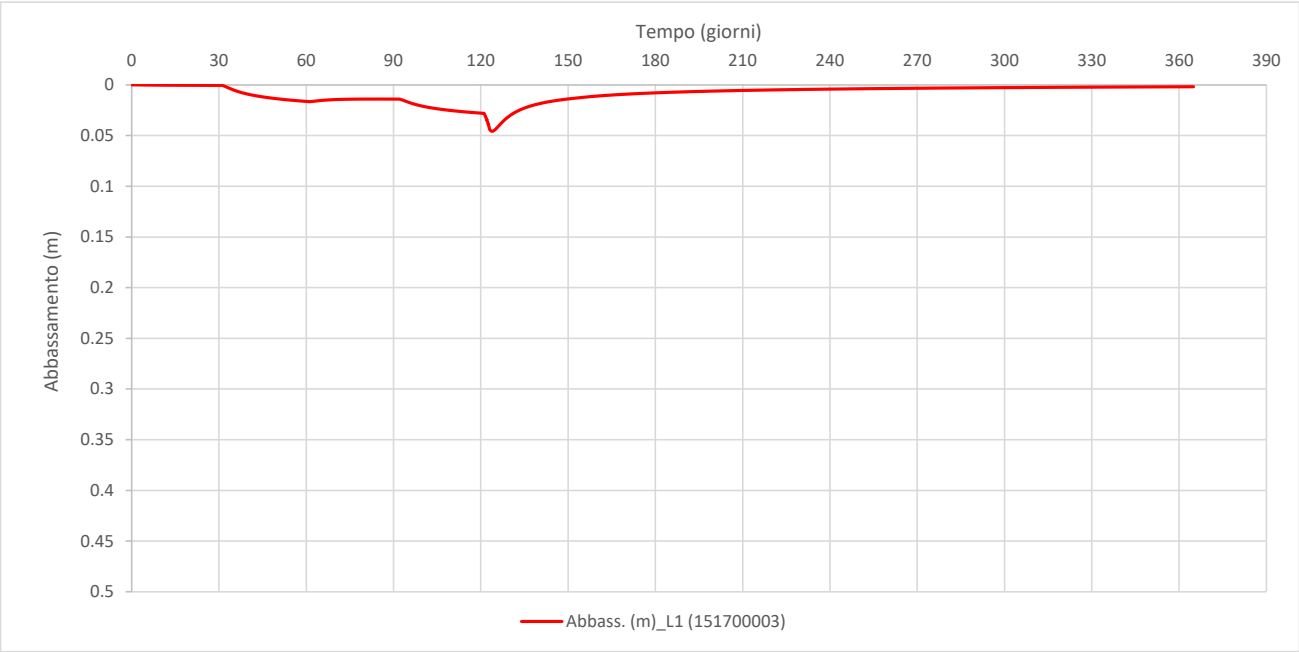


Figura 8-3: Abbassamento conservativamente stimabile in corrispondenza del pozzo idropotabile più vicino

9. Conclusioni

Le simulazioni numeriche condotte indicano che il prelievo di acque sotterranee previsto a servizio del Data Center determina effetti piezometrici complessivamente contenuti, localizzati e di carattere transitorio. Tale esito assume particolare significato in quanto la forzante di input adottata nel modello è stata definita in modo cautelativo, assumendo come riferimento il caso climatico storicamente più gravoso individuato nelle basi di progetto, corrispondente all'anno 2003, risultato il peggiore tra i 31 anni di dati meteorologici orari analizzati.

In tale scenario, il volume annuo massimo di prelievo risulta pari a circa **18,961** m³/anno, concentrato nel periodo maggio–settembre, ma comunque corrispondente a una portata media annua di circa **0.6** l/s e a una portata media nei cinque mesi operativi di circa **1.4** l/s. Anche nei mesi di massimo utilizzo, il prelievo medio rimane contenuto, mentre il valore di picco di **21.5** l/s è limitato a una durata continuativa massima di 11 h.

La modellazione condotta ha assunto, sempre in termini cautelativi, un blocco finale di massimo stress collocato alla fine del mese di agosto, costruito su 48 h progressive di prelievo, così da rappresentare la condizione di massimo abbassamento piezometrico al termine del periodo stagionalmente più gravoso. Anche in tale configurazione, gli abbassamenti simulati risultano ridotti e rapidamente attenuati con la distanza dai pozzi attivi.

In particolare, l'abbassamento massimo stimato in corrispondenza del pozzo idropotabile più vicino (cod. 151700003), posto a circa 300 m a sud del sistema di emungimento, pur stimato in uno scenario che prevede assunzioni fortemente conservative, risulta transitorio, di breve durata e dell'ordine massimo di circa 5 cm, valore trascurabile sia rispetto all'escursione naturale della falda nell'area, pari a circa 4 m, sia rispetto alle ordinarie fluttuazioni piezometriche stagionali.

A ulteriore conferma dei risultati del modello si osserva che le due prove a portata costante condotte in sito, che pur hanno comportato complessivamente l'emungimento di circa 4.900–5.000 m³ d'acqua, corrispondenti a circa il 26% del fabbisogno annuo massimo assunto nello scenario di progetto, hanno fatto misurare abbassamenti modesti già nei piezometri immediatamente limitrofi al campo di prova. Tale confronto conferma ulteriormente la limitata entità del volume richiesto in esercizio, peraltro distribuito su più mesi e associato a picchi di breve durata.

I risultati ottenuti indicano pertanto che il sistema di prelievo in progetto non è suscettibile di generare interferenze significative né sul regime piezometrico locale né sui punti di captazione esistenti presenti nell'intorno del sito. Gli abbassamenti massimi risultano infatti associati a condizioni di breve durata e sono destinati a ridursi rapidamente al termine del periodo di maggior richiesta, con progressivo ripristino delle condizioni statiche nel successivo periodo autunno-invernale.

10. Disclaimer

Questo documento è stato preparato da WSP per ADS esclusivamente per gli scopi previsti dal contratto che regola la fornitura di questo servizio. WSP non offre altre garanzie, espresse o implicite, diverse da quelle previste nel contratto, in relazione al contenuto o a qualsiasi altro servizio fornito da WSP. Questo documento non può essere utilizzato da terzi senza il consenso scritto espresso e preventivo di WSP.

WSP non si assume alcuna responsabilità per eventuali valutazioni effettuate su informazioni ricevute da terze parti. Se ci sono cambiamenti significativi alle informazioni utilizzate in relazione al sito, questo documento deve essere aggiornato.

wsp.com